THESIS
MARBURG
1968

Aus dem Hygiene-Institut der Universität Marburg an der Lahn
Direktor: Professor Dr. med. R. Siegert

Quantitativ-qualitative Luftkeimgehaltsbestimmungen in der unteren Troposphäre mittels eines neuentwickelten Luftkeimsammlers (Agartrommelventilator)

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades der Zahnheilkunde
der hohen Medizinischen Fakultät
der Philipps-Universität Marburg

vorgelegt von

Christian Kühn
aus Breslau

Marburg 1968

Fotodruck von Erich Mauersberger in Marburg

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA40153305_0093

Aus dem Hygiene-Institut der Universität Marburg an der Lahn
Direktor: Professor Dr. med. R. Siegert

Quantitativ-qualitative Luftkeimgehaltsbestimmungen in der unteren Troposphäre mittels eines neuentwickelten Luftkeimsammlers (Agartrommelventilator)

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades der Zahnheilkunde
der hohen Medizinischen Fakultät
der Philipps-Universität Marburg

vorgelegt von

Christian Kühn
aus Breslau

Marburg 1968

Fotodruck von Erich Mauersberger in Marburg

Angenommen von der Medizinischen Fakultät
der Universität Marburg am 8.8.1968
gedruckt mit Genehmigung der Fakultät

Dekan Prof. Dr. med. R. Siegert
Referent Doz. Dr. med. W. Schiff
Correferent Prof. Dr. med. Dr. med. dent.habil.H.Heuser

Meinen Eltern
in Dankbarkeit gewidmet

Inhaltsverzeichnis

	Seite
A. Einleitung	1
B. Zur Methodik	6
C. Untersuchungsergebnisse	20
I. Aufschlüsselung der Ergebnisse vergleichender quantitativer Luftkeimgehaltsbestimmungen in Flughöhen von 1500-10500 Fuß mittels Agartrommelventilator (ATV) und Slit-Sampler (F.D.) nach einigen meteorologischen und topographischen Gesichtspunkten.	20
II. Grob-qualitative Differenzierung des Sammelguts vergleichender Luftkeimgehaltsbestimmungen in verschiedenen Flughöhen mittels Agartrommelventilator und Slit-Sampler (F.D.)	28
III. Identifizierung des Sammelguts vergleichender Luftkeimgehaltsbestimmungen in verschiedenen Flughöhen mittels Agartrommelventilator und Slit-Sampler (F.D.)	35
IV. Vergleichende quantitativ-qualitative Keimgehaltsbestimmungen in gewöhnlicher Raumluft mittels Agartrommelventilator und Slit-Sampler (F.D.)	44
D. Besprechung	48
E. Zusammenfassung	53
F. Literatur	55

A. EINLEITUNG

Die Mikroflora der Luft (Bakterien und Bakteriensporen, Pilze und Pilzsporen, Hefen, Algen, Pollen und Viren) entstammt größtenteils dem Boden und Wasser (PROCTOR 1934, GREGORY 1961), von wo sie durch aufsteigende Luftströmungen in die Atmosphäre gelangt. Obwohl unter diesen sog. "airborne microbes" kaum menschen- oder tierpathogene Infektionserreger vorkommen, besitzen sie erhebliche medizinische Bedeutung (Probleme der Keimfreihaltung und Sterilisation, Allergie). Besonders wichtig aber ist der wirtschaftliche Schaden, der durch die zersetzende Wirkung von Luftkeimen auf organische Substanzen hervorgerufen wird, vor allem bezüglich Nahrungsmittel und Getränke (in Haushalt, Gewerbe und Industrie). Genauere Kenntnis der Luftmikroflora ist deshalb nicht nur von theoretischer,sondern auch von erheblicher praktischer Bedeutung. So ist es verständlich, daß seit den ersten Luftkeimuntersuchungen PASTEUR's (1860) bis heute eine große Anzahl von Luftkeimbestimmungsmethoden bzw. Luftkeimsammelgeräten entwickelt worden sind. Trotz aller Bemühungen ist aber der derzeitige Stand der Aerobiologie noch weit davon entfernt, gültige Aussagen über die quantitative und qualitative Zusammensetzung der Luftmikroflora sowie deren Abhängigkeit von verschiedenen Umweltbedingungen treffen zu können.

Von unzuverlässigen Sedimentationsmethoden abgesehen, basieren die bisherigen speziell zum quantitativen Nachweis von Luftbakterien angewendeten Verfahren bzw. Apparate im wesentlichen auf folgenden 6 Funktionsprinzipien:

1. Luftfiltration durch bakteriendichte feste oder lösliche Filter: Als festes Filtermaterial wurde verwendet: Schießbaumwolle (PASTEUR 1860), Sand (PETRI 1888), Glaspulver (FRANKLAND 1887 und FICKER 1896), Glaswolle POLUNIN und KELLY 1952) und Kunststoffmembranfilter (REZNIK 1937, KRUSE 1948, GOETZ 1953, ALBRECHT 1957). Als lösliche Filtermasse dienten z.B. Natriumsulfatkristalle (MIQUEL 1890), Zuckerpuder (BULLER und LOWE 1911), Gelatineschaum (MITCHELL et al. 1951), Ammonium-Alginat (HAMMOND 1958) und Natriumglutamat (VANINI 1958). Nach

Auswaschung bzw. Auflösung der Filter in einer geeigneten Flüssigkeit erfolgt die Keimauswertung durch Anlegen von Verdünnungsreihen in Nährbouillon oder mittels Agargußplatten. Kunststoffmembranfilter werden in der Regel auf feste Nährmedien gelegt, nach deren Bebrütung die Auszählung der Bakterienkolonien erfolgt.

2. Durchleitung eines Luftstroms durch Flüssigkeit mit oder ohne primärer Aerosolisierung der Prüfluft: Hierbei wird ein großer Teil der Luftbakterien in die Flüssigkeit abgeschieden, die anschließend mit mikrobiologischen Methoden wie zuvor ausgewertet wird. Es finden folgende zwei funktionell verschiedene Gerätearten Verwendung:
a. Durchperler oder sog. "bubbler" bzw. Gaswaschflaschen: Bei diesen Keimsammlern werden die Luftproben in geringen Durchflußmengen durch einen Flüssigkeitsbehälter geleitet (Waschflasche von COHN, 1875; Kugelröhre von MIQUEL, 1878; Aeroskop von RETTGER, 1910; Folin-Bubbler von LEMON, 1943 und Venturi-Scrubber von JONES, 1949).
b. Impinger: Diesen Sammlern ist gemeinsam, daß der Luftstrom mit nahezu Schallgeschwindigkeit auf die Waschflüssigkeit bzw. auf eine ihr vorgeschaltete Glasscheibe aufprallt (to impinge = aufprallen). Hierzu gehören z.B. die Kapillarimpinger von GREENBERG-SMITH (1922), ROSEBURY (1947) und BRONN (1965), der All-Glass-Impinger von BRACHMAN (1964) und der Midget-Impinger (LITTLEFIELD u.a., 1937). Bei dem Atomizer-Sampler von MOULTON, PUCK und LEMON (1943) und dessen Modifizierung nach ALBRECHT (1955) wird die zu untersuchende Luft vor Eintritt in die Waschflüssigkeit in einem Zerstäuber (Pre-Impinger) befeuchtet.

3. Luftaufblasung gegen Nähragarschichten: Bei diesen Geräten (sog. Impaktoren) wird der Luftstrom direkt auf feste Nährmedien geblasen, so daß auf ihnen haftende Keime nach Bebrütung leicht nachgewiesen werden können. Hierzu gehören:
a. Schlitz-Sammler: Hierbei wird die Luft durch einen engen Schlitz auf das Nährmedium geblasen, wie z.B. bei den Slit-Samplern von BOURDILLON, LIDWELL und SCHUSTER (1948), DECKER und WILSON (1954) sowie KROTOV (1957) oder beim Kaskaden-Impaktor von MAY (1945), beim biologischen Koniometer von REIFFERSCHEID (1952) sowie beim Agar-Drum-Sampler von ANDERSEN (1962).
b. Porensammler: Als Lufteintrittsöffnungen dienen feinporige Siebe (HOLLAENDER und DALLA VALLE, 1939; DU BUY und CRISP, 1944; Kaskadenimpaktor von ANDERSEN, 1958).

4. Elektropräzipitation: Nach vorausgegangener Ionisation werden die Mikroorganismen im elektrischen Feld niedergeschlagen (BERRY, 1941; LUCKIESH et al., 1946; MORRIS et al., 1961 und GERONE et al. (1966).

5. Thermopräzipitation: Hierbei werden die Luftkeime, die sich zwischen zwei Flächen von unterschiedlicher Temperatur befinden, auf der kälteren Oberfläche festgehalten (KETHLEY, GORDON und ORR, 1952; ROSENBLATT und LA MER, 1946).

6. Luftzentrifugation: Die Mikroorganismen der zu untersuchenden Luft werden durch Zentrifugalkräfte auf die an der Innenseite eines Rotationszylinders befindliche Agarschicht geschleudert. Nach diesem Prinzip arbeiten die Luftzentrifugen von WELLS (1933) und SAFIR (1945) sowie die Conifuge von SAWYER und WALTON (1950).

Bereits die Vielzahl der bisherigen Keimsammelmethoden und -geräte einschließlich zahlreicher Modifikationen läßt auf die Schwierigkeiten schließen, die mit einer Bestimmung des quantitativen Luftkeimgehaltes verbunden sind. So liegen z.B. die Bakterien normaler Raum- oder Freiluft nicht in einer homogenen Verteilung vor, und die Keimkonzentration ist kurz- und längerfristigen Schwankungen unterworfen. Zudem werden von manchen Nachweisverfahren Bakterien, die in Form von Klumpen oder Trauben vorkommen, oder an Staubpartikel gebunden sind, nur als Einzelkeime erfaßt. Auch erfolgt bei verschiedenen Sammelmethoden eine unterschiedliche Schädigung (Austrocknung bzw. Abtötung) von Bakterien. Aus diesem Grunde führen Vergleichsuntersuchungen selbst mit zwei völlig identischen Geräten zu erheblich unterschiedlichen Keimausbeuten. Der Vergleich verschiedenartiger Keimsammler aber ist unter natürlichen Bedingungen noch schwieriger. Deshalb arbeiten die meisten Autoren mit künstlichen Bakterienaerosolen in der Annahme, daß die hierbei erhaltenen Vergleichsbefunde auch für die Verhältnisse in Normal- oder Freiluft zutreffen. Schließlich ist zu bedenken, daß bei üblicher mikrobiologischer Verfahrensweise nur solche Luftbakterien nachgewiesen werden, die innerhalb 2 - 3 Tagen bei 37°C unter aeroben Bedingungen auf Blut-Nährагar oder sonstigen optimalen Versuchs-Nährböden kultivierbar sind.

Die ersten systematischen Luftkeimuntersuchungen sind bereits in der zweiten Hälfte des letzten Jahrhunderts von PASTEUR (1860), MIQUEL (1879), HESSE (1884) und FRANKLAND (1886) vorgenommen worden, und zwar meist in Bodennähe, aber auch von Türmen und Bergen aus. Hierbei zeigte sich, daß der Keimgehalt der Luft nicht konstant ist, sondern starken tageszeitlichen (PASTEUR, 1860; MIQUEL, 1884) und jahreszeitlichen (FRANKLAND, 1886; MIQUEL, 1899; BULLER und

LOWE, 1911) Schwankungen unterliegt. Diese Konzentrationsunterschiede äußern sich sowohl in quantitativer als auch in qualitativer Hinsicht. So erzielten MIQUEL (1889), FRANKLAND (1886) sowie BULLER und LOWE (1911) in bewohnten Gegenden höhere Keimausbeuten als in ländlichen, und MIQUEL (1885, 1886) und FLEMMING (1908) fanden über dem Meer einen weit geringeren Keimgehalt der Luft als über dem Festland. Bei sonnigem, warmem Wetter ermittelten MIQUEL (1889) sowie BULLER und LOWE (1911) höhere Luftkeimzahlen als bei regnerischem Wetter.

Die zahlreichen quantitativen Untersuchungen höherer Luftschichten, die anfänglich vom Freiballon (CHRISTIANI, 1893; HARZ, 1904; HAHN, 1909; ROGERS und MEIER, 1936 u.a.), späterhin vom Flugzeug aus durchgeführt wurden, decken sich weitgehend mit den in Bodennähe gemachten Erfahrungen. So wurden jahreszeitliche Schwankungen des Luftkeimgehaltes mit Maxima in warmen und Minima in kalten Jahreszeiten nachgewiesen (HORNE, 1934; PADY und KELLY, 1953; VLODAVEC, 1964). Ebenfalls zeigten sich tageszeitliche, im Einzelfalle variierende Unterschiede (REMPE, 1937; FULTON, 1966). Auch wurden über bewohnten Gegenden wesentlich höhere Keimzahlen festgestellt als über unbewohnten(MISCHUSTIN, 1926; VLODAVEC, 1964). Relativ keimarm war die Luft nach stärkeren Regenfällen (PROCTOR, 1934; WOLF, 1943; GREGORY, 1961) und über dem Meer (Zo BELL, 1942; FULTON, 1966), während in Wolkenbänken sowie bei sonnigem, warmem Wetter hohe Keimausbeuten erzielt wurden (VLODAVEC, 1964). Fast ausnahmslos wurde eine (unregelmäßige) Abnahme des Luftkeimgehaltes mit zunehmender Höhe gefunden (HAHN, 1909; MEIER, 1933; McQUIDDY, 1935; WOLF, 1943; VLODAVEC, 1964; FULTON, 1966 u.a.)

Über eingehendere qualitative Untersuchungen der Keimflora höherer Luftschichten ist nur von wenigen Autoren berichtet worden, und zwar vor allem von PROCTOR (1934, 1935), PROCTOR und PARKER (1938) sowie von WOLF (1943). Andere Autoren beschränkten sich hingegen auf eine grobqualitative Differenzierung des bakteriellen Sammelgutes in Kokken, Sporen-

bildner sowie grampositive bzw. gramnegative Stäbchen. Übereinstimmend wurde hierbei festgestellt, daß der Anteil der Kokken überwiegt (PROCTOR, 1934; WOLF, 1943; PADY und KELLY, 1953; VLODAVEC, 1964 und FULTON, 1966) und mit zunehmender Höhe der Prozentsatz der Sporenbildner relativ zunimmt (MISCHUSTIN, 1926; PROCTOR, 1934; WOLF, 1943; PADY und KELLY, 1953). Diese Zunahme erklärten sich letztere Autoren mit der erhöhten Widerstandsfähigkeit von Bakteriensporen gegenüber UV-Strahlung und Austrocknung, während die allgemeine Armut der Luftkeime an gramnegativen Stäbchen auf deren große Empfindlichkeit gegenüber solchen Einflüssen zurückgeführt wird (VLODAVEC, 1964).

Die meisten vorstehend genannten qualitativen Luftkeimuntersuchungen sind durch kurzdauernde Exposition von mit einem Glycerin- oder Ölfilm versehenen Glasscheiben oder von Agarplatten durchgeführt worden, die notfalls vor Einfrierung durch Auftragen einer dünnen Schicht von Öl, Fett oder Glycerin geschützt wurden. Gegenüber diesen grob-qualitativen Untersuchungsmethoden sind von einigen Autoren Sammelgeräte benutzt worden, die eine exaktere quantitative Aussage ermöglichten. So verwendeten PADY und KELLY (1953, 1954) einen Slit-Sampler und den General Electric Electrostatic Air-Sampler (nach LUCKIESH et al., 1946), VLODAVEC (1964) den KISCHKO-Collector (1957) sowie FULTON (1966) Gelatineschaum-Filter.

1966 ist von SCHIFF (noch unveröffentlicht) ein als Agartrommelventilator*) bezeichnetes neuartiges Sammelgerät angegeben worden, bei dem in einem geschlossenen Ventilationsraum die Luftkeime mittels eines Ventilators gegen die an der Innenfläche eines Blechzylinders (Trommel) befindliche Nähragarschicht geschleudert werden. Bei Vergleichsversuchen in normaler Raumluft erwies sich dieses ATV-Gerät dem Slit-Sampler nach DECKER und WILSON (Fort Detrick, 1954) und dem Schlitz-Sammler nach KROTOV (1957) um das 5 - 6 fache und dem Kaskaden-Impaktor nach ANDERSEN (1958) um das 4 - 5 fache überlegen.

---

*) Konstruktion und Herstellung: Fa. FILBA A. Reuter KG, Marburg/Lahn

Im Rahmen eines Forschungsauftrages war es Aufgabe der vorliegenden Arbeit, mittels dieses Agartrommelventilators und vergleichsweise des Slit-Samplers (F.D.) qualitativ-quantitative Untersuchungen der Bakterienflora höherer Luftschichten über der Bundesrepublik Deutschland vom Flugzeug aus durchzuführen.

B. ZUR METHODIK

1. Geräte: Für unsere Untersuchungen sind das von SCHIFF angegebene ATV-Luftkeimsammelgerät nebst Agartrommelgießgerät (ATGG) sowie der Slit-Sampler (F.D.) von DECKER und WILSON verwendet worden.

Beim ATV-Gerät (s. Abbildung 1 a-c) befindet sich in einem Kessel ein zweiter (Trommel)Kessel, in den eine Blechtrommel, deren Innenfläche mit einer Nähragarschicht beschickt worden war, eingelegt wird. Nach oben ist der Trommelkesselraum durch einen Flachdeckel abgeschlossen, der mittels eines Gummibandes außen abgedichtet wird. Ein im Kesselraum rotierender 6-flügeliger Ventilator (ca.2500 U/min.), den ein unterhalb des Kessels befindlicher Elektromotor antreibt, befördert die Prüfluft durch eine in der Deckelmitte befindliche Öffnung in das Geräteinnere. Durch die Ventilationskräfte werden die Luftkeime an die Agartrommel geschleudert. Die Luft entweicht entlang der Trommelinnenwandung nach oben über den schmalen Spaltraum zwischen Kesselwandung und Trommelkessel durch ein seitlich am Kesselboden angebrachtes Abluftrohr. Mittels eines Luftvolumenmessers (nach WRIGHT)*) und einer Schlauchklemme wird die Luftdurchflußmenge gemessen und reguliert.

Das zum Gießen der Agartrommeln entwickelte AT-Gießgerät (s. Abbildung 2) enthält in einem feststehenden Kessel einen Rotationstopf, der durch einen Elektromotor (ca.2800 U/min.) angetrieben wird. Nach Einschieben einer Trommel in diesen Topf wird der Kessel mittels eines Deckels luftdicht verschlossen. In die Öffnung des achsialen Mittel-

*) The British Oxygen Company, London.

felds dieses Deckels, das infolge eines beidseitig abgedeckten Rillenkugellagers nicht mitrotiert, wird das Agareinfüllrohr eingesetzt und mittels Schraubverschluß mit dem Deckelmittelfeld fest verbunden. Auf die rotierende Trommel wird die Nährflüssigkeit eingegossen, so daß sich auf der Trommelinnenfläche eine homogene, ca.1-2 mm starke Agarschicht bildet. Da bei aufeinanderfolgendem Gießen mehrerer Trommeln eine zunehmende Erhitzung des Rotationstopfes ein Erstarren des Agars verzögern würde, sind an seiner Außenwandung Kühlrippen angebracht.

Bei dem in der Abbildung 3 a-b wiedergegebenen Slit-Sampler (F.D.) wird die zu untersuchende Luft durch einen engen Deckelschlitz auf eine (zwecks besserer Keimverteilung) langsam rotierende (1 U/min) Drigalski-Agarplatte geblasen. Der am Abluftrohr durch ein Respirometer (nach WRIGHT) meßbare und mittels Ventil regulierbare Luftdurchfluß wird durch einen hieran angeschlossenen Staubsauger erzeugt.

2. Geräteentkeimung und Gießen der Agartrommeln:
Die Entkeimung der Funktionsteile obiger Geräte erfolgte mittels Bunsenbrenner bzw. 70 vol.%igem Alkohol. Die mit zwei Deckeln versehenen Trommeln sowie die Drigalski-Platten sind im Heißluftschrank (45 min. bei 180°C) sterilisiert worden.

Das Gießen der Agartrommeln und -platten erfolgte in einem separaten Raum, der durch UV-Licht und gelegentliches Versprühen eines Desinfektionsmittels (Incidin) relativ keimarm gehalten wurde. Pro Trommel verwendeten wir ca. 120 ml auf etwa 55°C abgekühlten 2,5 %igen Nutrientagar (Difco) mit Zusatz von 5-8% defibriniertem Schafblut.

Für den zur Durchführung der Flugversuche notwendigen Transport der gegossenen Agartrommeln und -platten sind diese mit Klebeband luftdicht verschlossen und mit Aluminiumfolie verpackt worden. Bis zum Versuchsbeginn blieben die Lufteintritts- und -austrittsöffnungen der zuvor entkeimten Sammelgeräte durch Gummistopfen verschlossen.

3. Durchführung der Keimsammelversuche: Sämtliche Luftkeimgehaltsbestimmungen sind gleichzeitig mit einem ATV-Gerät und einem Slit-Sampler (F.D.) vorgenommen worden. Hierzu wurden die Luftproben mittels eines 2-Wege-Verteilungsstückes zu gleichen Teilen in die beiden Sammelgeräte geleitet. Der Luftdurchfluß betrug jeweils 5 l/min. bei einheitlicher 10 min. Versuchsdauer.

Bei den Versuchen vom Flugzeug aus (Cessna 182) wurde der Luftstrom durch ein an der Tragfläche montiertes Ansaugrohr über eine Schlauchleitung in den Kabinenraum geführt (s. Abbildung 4). Nach jeder Luftprobenentnahme sind die Agartrommeln und -platten wieder mit Klebeband verschlossen und in Aluminiumfolie verpackt worden. Sowohl bei den Flug- wie bei den Laboratoriumsversuchen wurden stets Leerversuche (d.h. kurzfristiges Einsetzen von Agartrommeln bzw. -platten in die Geräte ohne Prüfluftzufuhr) als Sterilitätskontrollen durchgeführt. Bei einigen wenigen Versuchen, bei denen auf den Agartrommeln mehr als 3 Keime nachweisbar waren, unterblieb eine Auswertung des gesamten Flugversuches.

4. Kultivierung und Auswertung: Nach 48 std. aerober Bebrütung der Agartrommeln und -platten bei 37°C erfolgte die Auszählung der gewachsenen Bakterienkolonien. Danach wurden zwecks Differenzierung der Bakterien Subkulturen auf Nutrientagar angelegt. Zum Nachweis von Sporenbildung sind grampositive und -negative Stäbchen 5-6 Tage weiterbebrütet worden.

5. Bakterielle Identifizierung des Sammelgutes: Die Differenzierung der Bakterienkolonien geschah hauptsächlich nach den in BERGEY's Manual (BREED, MURRAY und SMITH, 1957) angegebenen taxonomischen Kriterien. Eine zusätzliche Klassifizierung der Kokken ist nach den von BAIRD-PARKER (1963) vorgeschlagenen Kriterien vorgenommen worden. Da im Schrifttum weitgehend geeignete Identifikationstafeln fehlen, wurden solche nach den Angaben obiger Autoren entworfen (s. Tabellen 1 a-f und 2).

Außer der Prüfung des Gramverhaltens und auf Beweglichkeit wurden die einzelnen Stämme nach den üblichen Methoden (HALLMANN, 1961; COWAN und STEEL, 1965) auf folgende, insgesamt 21 verschiedene biochemische Eigenschaften untersucht.
Abbau von Arabinose, Galaktose, Glukose, Laktose, Maltose, Mannit, Saccharose, Stärke und Xylose. Nachweis der Bildung von Ammoniak, Indol, Nitrit, Acetylmethylcarbinol (Voges-Proskauer-Reaktion) und Säure (Methylrot-Reaktion). Prüfung auf Katalase, Oxydase, Phosphatase, Koagulase, Gelatinase, sowie auf Reduktion von Methylenblau.

Der von BAIRD-PARKER (1963) zur Unterscheidung der Staphylokokken von Mikrokokken empfohlene Oxydations-Fermentations-Test wurde nach der von COWAN und STEEL (1965) angegebenen Methode durchgeführt: Jeweils zwei mit HUGH-LEIFSON-Medium und Glukose beschickte Reagenzgläser sind mit dem zu untersuchenden Kokkenstamm beimpft worden, wonach ein Röhrchen mit einer Schicht sterilem Paraffinöl bedeckt wurde. Auf diese Weise ließ sich feststellen, ob der betreffende Stamm den Zucker aerob (oxydativ) oder/und anaerob (fermentativ) abzubauen imstande war.

Die Ablesung der Reaktionsausfälle erfolgte nach 1-3 täg. Bebrütung. Bei folgenden Prüfungen wurde zu späteren Zeitpunkten abgelesen: Ammoniak nach 5 tägiger, O-F-Test nach 2 und Gelatineverflüssigung nach 3 wöchiger Kultivierung.

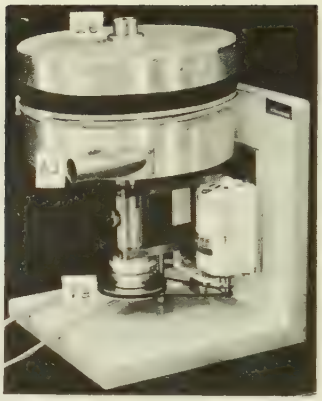


Abbildung 1a

Agartrommelventilator
mit Flachdeckel
(Le: Lufteinlaß)
(Al: Abluftrohr)
(Va: Ventilator-
antriebsscheibe)

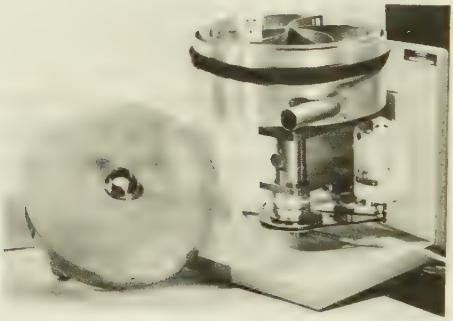


Abbildung 1b

desgl., offen
(V: Ventilator)

Abbildung 1c

Ventilator und Agartrom-
mel mit Deckel (mittels
Klebestreifen abgedich-
tet)

Abbildung 2

Agartrommelgießgerät, offen, mit Einfülltrichter (Ae) und eingesetzter Agartrommel (At)

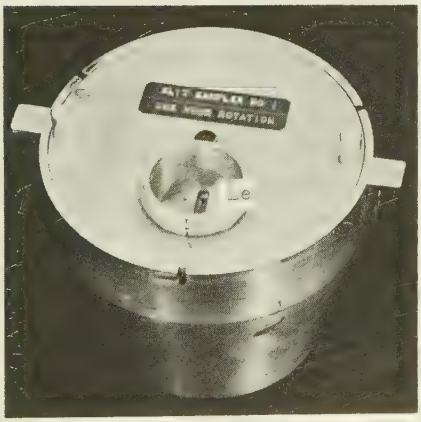


Abbildung 3a

Slit-Sampler (F.D.) (Le: Regulierbarer Lufteinlaßtubus)

Abbildung 3b

Slit-Sampler (F.D.),offen
(S: Schlitz)
(E: Einsatz für Agar-
platte)

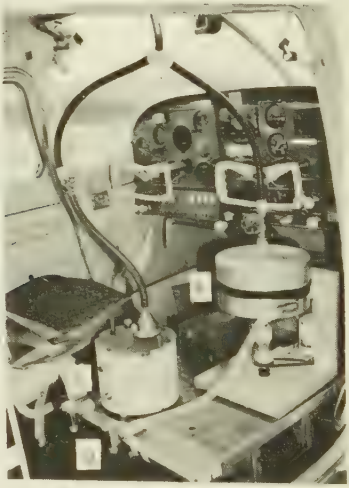


Abbildung 4

Aufbau der beiden Sammel-
geräte in der Flugzeug-
Kanzel (Copilotensitz)
(A: Agartrommelventilator)
(B: Slit-Sampler, F.D.)
(C: Luftzuführung)
(D: Luftabflußschlauch
mit Respirometer)

Tabelle 4a: Identifikations-Schema der Gattungen Micrococcus und Staphylococcus (nach BERGEY's Manual, 1957)

	Micrococcus																	Staphylococcus			
	Varians	Conglomeratus	Rubens	Agilis	Roseus	Colpogenes	Luteus	Denitrificans	Halodenitrif.	Caseolyticus	Morrhuae	Ureae	Flavus	Candidus	Cryophilus	Freudenreichii	Aureus	Albus	Citreus	Epidermidis
Nitrat	+						–	+	+	+	+	–					+	+	+	+
Glukose	+				–		+	–	–	+	–	+			–	+	+	+	+	+
Laktose	+		–				–	.	.	+	–	+			–	+	+	+	+	(+)
Saccharose	+				—		+	.	.	.	–	+	–	+	–	+	+	+	+	+
Mannit	+	–	+			–	+	.	.	+	–	+	–	.	–	v	+	+	+	–
Arabinose	.	.	.	.	.	–	.	.	.	.	–	.	.	.	.	.	.	.	.	–
Xylose	.	.	.	.	.	–	.	.	.	.	–	.	.	.	.	.	.	.	.	–
Stärke	–	–	–	.	–	–	–	.	.	.	–	–	–	–	.	–	–	–	–	.
Gelatine	–	+	–	–	+	–	–	–	+	+	+	–	+	–	–	+	+	+	+	+
Ammoniak	+	+	.	(+)	.	.	+	–	–	.	.	+	+	+	–	+	+	.	.	.
$NH_4H_2PO_4$	+	+	.	–	+	.	+	.	.	+	.	+	+	–	–	.	–	.	.	.
Pigment	weißl.	gelb	rot	rot	rot	gelb	gelbl.	opak	creme	gelb	opak	weiß	gelbl.	weiß	weiß	weiß	gold.	weiß	gelb	weißl.

Tabelle 1b: Identifikations-Schema der Gattung Sarcina (nach BERGEY's Manual, 1957)

Sarcina

	Ventriculi	Maxima	Lutea	Flava	Aurantiaca	Ureae	Hansenii	Methanica	Litoralis
Gram	+	+	+	+	+	+	.	v	v
Indol	–	.	+	–	+	–	.	.	–
Nitrat	–	.	+	–	–	+	.	.	+
Glukose	+	+	–	.	.	–	.	–	.
Laktose	+	+	–	.	.	.	.	–	.
Saccharose	+	+	–	.	.	.	.	–	.
Maltose	+	+	.	.	.	.	.	–	.
Fruktose	+	+	.	.	.	.	.	–	.
Stärke	–	.	.	.	.	–	.	.	.
Pigment	weißl.	weißl.	gelb	gelb	orange	grau	.	.	.

Tabelle 1c: Identifikations-Schema der Gattung Bacillus (nach BERGEY's Manual, 1957)

	Bacillus															
	Licheniformis	Polymyxa	Macerans	Subtilis	Macerans	Cereus	Laterosporus	Megaterium	Pumilus	Lentus	Alvei	Sphaericus	Firmus	Brevis	Circulans	Pantothenticus
Gram	+	v	v	v	v	v	v	v	+	+	v	v	+	v	–	+
Nitrat	+							–					+	v	v	v
Glukose	+							+				–	+	+	+	+
Arabinose	+					–		+			–		.	–	+	v
Xylose	+					–		+			–		.	–	+	–
Gelatine	+				–	+		+		–			+	+	(+)	+
Stärke	+						–	+	–	+		–	+	–	+	+
Indol	.	–	–	.	–	.	+	.	.	–	+	–	–	–	–	–
Laktose	v	+	+	–	+	–	.	v	–	.	–	–	.	–	.	.
Saccharose	+	.	+	+	+	+	+	+	+	.	+	–	.	+	+	+
Mannit	+	+	+	+	+	–	+	+	+	.	–	–	.	+	.	–
Pigment	weiß	weiß	weißl.	opak	weißl.	weißl.	opak	weißl.	weißl.	weißl.	weißl.	weißl.	weißl.	opak	opak	weißl.

Tabelle 1d: Identifikations-Schema der Gattungen Brevibacterium, Kurthia und Lactobacillus (nach BERGEY's Manual, 1957)

	Brevibacterium					Kurthia			Lactobacillus		
	Linens	Erythrogenes	Sulfureum	Fulvum	Helvolum	Zopfii	Variabilis	Bessonii	Plantarum	Brevis	Fermenti
Beweglichkeit	-	-	+	-	-	+	+	+	-	-	-
Indol	-	-	-	+	-	-	-	+	.	.	.
Nitrat	+	+	-	-	(-)	-	-	.	-	.	-
Glukose	-	-	(-)	.	-	-	-	v	+	+	+
Laktose	-	-	(-)	.	.	-	-	v	+	v	+
Saccharose	-	-	(-)	.	.	-	-	v	+	v	+
Arabinose	-	-	(-)	.	.	-	-	v	+	+	+
Xylose	-	-	(-)	.	.	-	-	v	+	+	v
Mannit	-	-	(-)	.	.	-	-	v	+	v	-
Stärke	.	.	.	.	-	.	.	.	-	v	-
Gelatine	+	+	+	+	+	-	-	+	-	-	.
Pigment	creme	creme	gelb	orange	gelb	grau	grau	.	.	.	weißl.

Tabelle 1e: Identifikations-Schema der Gattung Pseudomonas (nach BERGEY's Manual, 1957)

Pseudomonas

	Boreopolis	Effusa	Ephemerocyanea	Striata	Ovalis	Mildenbergii	Erythra	Fragi	Putrefaciens	Arvilla	Dacunhae	Desmolytica	Rathonis	Salopia	Cruciviae	Stutzeri	Tralucida	Lasia	Denitrificans	Indoloxidans	Mira
Indol	.	–	–	–	–	–	–	–	–	.	.	.	.	.	.	.	–	–	–	–	–
Nitrat	+	+	+	.	.	–	–	–	+	–	–	+	+	–	–	+	+	+	+	+	+
Glukose	+	–	+	.	.	.	–	+	–	+	–	+	+	+	–	–	+	+	.	–	–
Laktose	.	–	+	.	.	.	–	–	–	.	–	.	.	.	–	–	+	.	.	–	–
Saccharose	.	–	.	.	.	.	–	–	+	.	–	.	.	+	–	–	+	.	.	–	–
Arabinose	.	.	+	.	.	.	–	+	–	.	–	.	.	.	–	–	.	+	.	.	.
Xylose	.	.	+	.	.	.	–	.	.	.	–	.	.	.	–	–	.	+	.	.	.
Mannit	.	–	.	.	.	.	–	–	–	.	–	.	.	.	–	–	+	.	.	.	–
Stärke	–	(–)	+	.	.	.	–	.	.	–	–	–	+	–	–	.	+	+	.	–	–
Gelatine	+	(+)	+	–	–	–	–	+	+	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Pigment	weiß	creme	weiß	gelb	opak	gelb	.	gläns.	bräunl.	weiß	weiß	weißl.	gläns.	weiß	weiß	.	gläns.	gelbl.	weiß	weiß	weiß

Tabelle 1f: Identifikations-schema der Gattungen Achromobacter, Flavobacterium und Arthrobacter (nach BERGEY's Manual)

	Achromobacter								
	Liquefaciens	Iophagus	Delicatulus	Xerosis	Cycloclastes	Pestifer	Superficialis	Parvulus	Guttatus
Beweglichkeit	+	+	+	+	+	+	+	-	+
Indol	-	.	-	-	.	-	-	-	-
Nitrat	-	+	+	+	+	+	-	+	-
Glukose	.	+	.	+	-	-	.	-	+
Laktose	.	.	.	-	-	-	.	-	-
Saccharose	.	+	.	+	-	-	.	-	-
Arabinose	.	.	.	-	-	-	.	.	-
Xylose	.	.	.	-	-	-	.	.	-
Mannit	.	.	.	-	-	-	.	.	-
Stärke	.	+	.	+	-	-	.	-	-
Gelatine	+	+	+	+	-	-	+	-	-
Pigment	weiß	weiß	weiß	weiß	opak	weiß	grau	.	grau

	Flavobacterium				
	Fucatum	Peregrinum	Perrugineum	Diffusum	Rigense
Beweglichkeit	-	-	-	+	+
Indol	-	-	.	-	-
Nitrat	+	-	.	+	+
Glukose	-	-	+	+	+
Laktose	-	-	+	-	.
Saccharose	-	-	+	-	.
Arabinose	.	.	.	.	.
Xylose	.	.	.	.	.
Mannit	.	-	+	.	.
Stärke	.	-	+	.	.
Gelatine	+	-	+	+	+
Pigment	gelb	gelb	gelb	gelb	gelb

	Arthrobacter							
	Globiformis	Pascens	Oxydans	Aurescens	Simplex	Terregens	Citreus	Ureafaciens
Beweglichkeit	-	-	-	-	-	-	-	-
Indol	-	-	-	-	-	-	-	-
Nitrat	+	+	+	+	+	+	+	-
Glukose	+	+	+	+	+	+	v	v
Laktose	-	.	.	.	+	-	v	v
Saccharose	+	+	+	+	+	+	v	v
Arabinose	+	.	.	.	+	-	v	v
Xylose	+	.	.	.	+	-	v	v
Mannit	+	.	.	.	+	-	v	v
Stärke	+	+	+	+	-	-	-	-
Gelatine	+	+	+	+	+	-	+	+
Pigment	creme	weiß	opak	gelb	creme	gelb	gelb	gelb

Tabelle 2: Differenzierung von Staphylokokken und Mikrokokken nach BAIRD-PARKER (in GIBBS und SKINNER, 1967)

	Gruppe I						Gruppe II							
	Staphylococcus ROSENBACH						Micrococcus COHN							
Subgruppe:	I	II	III	IV	V	VI	1	2	3	4	5	6	7	8
Rosa Pigment	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
Säure aus Glukose:														
aerob	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	±	±
anaerob	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-
Koagulase	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Phosphatase	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-
Acetoin	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-
Säure aus:														
Arabinose	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	v	+	-	-
Laktose	+	+	v	-	+	v	-	+	v	+	+	+	-	-
Maltose	+	+	-	v	+	v	v	+	+	+	+	+	-	±
Mannit	+	-	-	-	-	+	-	-	+	+	+	+	-	-

± = schwach oder negativ v = variabel

C. UNTERSUCHUNGSERGEBNISSE

I. Aufschlüsselung der Ergebnisse vergleichender quantitativer Luftkeimgehaltsbestimmungen in Flughöhen von 1500 - 10500 Fuß mittels Agartrommelventilator (ATV) und Slit-Sampler (F.D.) nach einigen meteorologischen und topographischen Gesichtspunkten

Im Verlauf eines Zeitraumes von etwa 1/2 Jahr (Mai - August) sind mittels ATV-Gerät und Slit-Sampler (F.D.) insgesamt 167 vergleichende Luftkeimgehaltsbestimmungen in verschiedenen Höhen über verschiedenen Gegenden der Bundesrepublik Deutschland vom Flugzeug aus durchgeführt worden. Die hierbei erhaltenen Befunde sind nach einigen topographischen (über bewohnten und unbewohnten Gegenden) und meteorologischen (sonniges, bedecktes und regnerisches Wetter) Gesichtspunkten aufgeschlüsselt worden (unter "sonnigem Wetter" wurden hierbei nur solche Luftproben berücksichtigt, bei denen am Tag zuvor ebenfalls "sonniges Wetter" geherrscht hatte). Infolge äußerer Ursachen (unterschiedliche Wetterbedingungen während eines Fluges, das Vermeiden von Flughöhen mit ausgedehnter Bewölkung etc.) war es hierbei allerdings nicht möglich, in den verschiedenen Flughöhen jeweils die gleiche Anzahl von Luftproben zu entnehmen. Vor allem bei Aufschlüsselung der Befunde resultiert daher eine sehr unregelmäßige Verteilung der Versuchszahlen, so daß aus den erhaltenen Befunden nur bedingt gültige Schlußfolgerungen gezogen werden können (Aus diesem Grund sind in den nachstehenden Abbildungen die nur mit wenigen Versuchen belegten durchschnittlichen Keimgehaltswerte mit punktierten Linien verbunden worden).

In der Abbildung 5 sind die mit den beiden Luftkeimsammlern bei den 167 Vergleichsuntersuchungen in Flughöhen von 1500 - 10500 Fuß erhaltenen durchschnittlichen Keimzahlen/m^3 einander gegenübergestellt. Hieraus geht hervor,

daß in den geprüften 8 verschiedenen Flughöhen mit dem Slit-Sampler (F.D.) durchschnittlich 50 Keime, mit dem ATV-Gerät hingegen ca. 100 - 200 Keime pro m^3 Luft ermittelt wurden. Im Durchschnitt war also mit dem ATV-Gerät eine etwa 3,2 mal so große Keimausbeute zu erzielen wie mit dem Slit-Sampler (F.D.). Bemerkenswert ist, daß ausschließlich mit dem wirkungsvolleren Agartrommelventilator in Höhen von 2000 und 9000 Fuß zwei Keimzahlmaxima nachweisbar waren. Aus der Aufschlüsselung der Gesamtbefunde, deren Ergebnisse in den Abbildungen 6, 7, 8 und 9 wiedergegeben sind, kann im wesentlichen nur folgendes abgeleitet werden: Der Slit-Sampler (F.D.) ist ein reichlich unempfindliches Gerät, das ungeachtet der verschiedenen Parameter weitgehend konstante Keimgehaltsmittelwerte von ungefähr 50 Keimen/m^3 Luft lieferte. Gewisse Unterschiede bzw. Schwankungen im Keimgehalt der Luft verschiedener Höhen waren nur mittels des ATV-Gerätes festzustellen. Sc zeigte sich, daß die beiden Mittelwertsmaxima in 2000 und 9000 Fuß Flughöhe vorwiegend auf Befunde über unbewohnten Gegenden bei sonnigem Wetter (s. Abbildungen 6b und 7a) bzw. im ersten Fall zusätzlich auf relativ hohe Keimgehaltswerte über bewohnten Gegenden bei regnerischem Wetter (s. Abbildung 8c) zurückzuführen sind.

Eine Deutung weiterer Befunde ist wegen zu geringen Zahlenmaterials nicht möglich. Zudem fanden wir, daß sogar der Keimgehalt einer bestimmten Höhe (1500 Fuß) über einem eng begrenzten Gebiet (Amöneburger Becken, ca. 25 km^2) im Verlauf eines Tages außerordentlich großen Schwankungen unterliegen kann. Wie die Abbildung 10 zeigt, wurden bei diesem Tagesversuch zwei Keimzahlmaxima (vormittags gegen 10^{30} und abends um 19^{00}) und ein Minimum gegen 16^{00} festgestellt, und zwar wiederum nur mittels des ATV-Gerätes. Daß eine solche Einzelbeobachtung nicht verallgemeinert werden darf, geht aus den Resultaten eines anderen Flugversuches über dem gleichen Gebiet (ebenfalls bei sonnigem Wetter, s. Tabelle 3) hervor, bei dem im Verlauf von 1 1/2 Stunden in 7 Luftproben keine bzw. nur 1 oder 2 Keime pro Trommel bzw. Platte erfaßt worden sind.

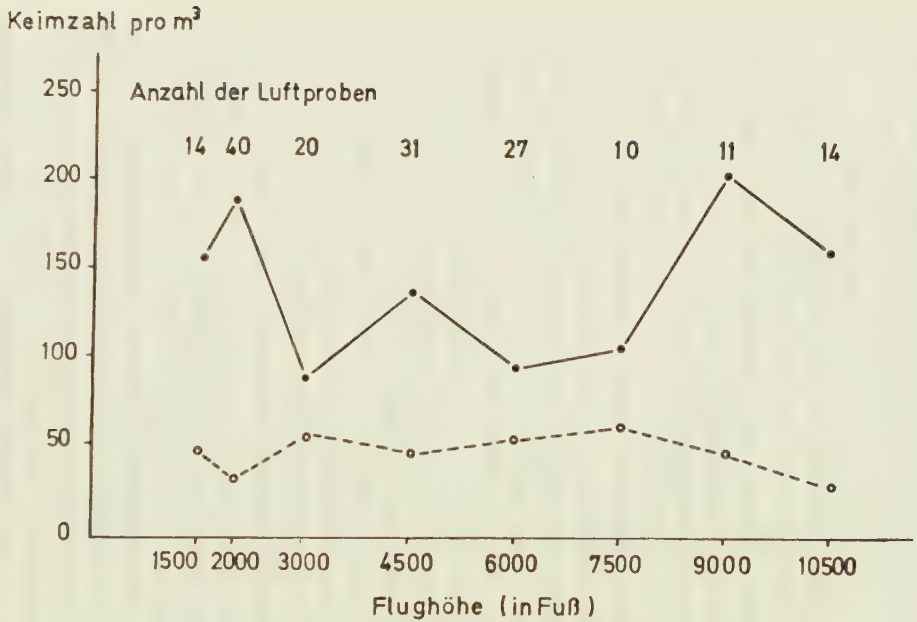


Abbildung 5

Durchschnittl. Keimzahlen von 167 Luftprobenentnahmen (15 Flugtage von Mai-August) in verschiedenen Flughöhen über Westdeutschland mittels Agartrommelventilator o— und Slit-Sampler (Fort Detrick) o - - -

Auffangmedium: Nutrientagar mit Blut Versuchsdauer: Jeweils 10 min.

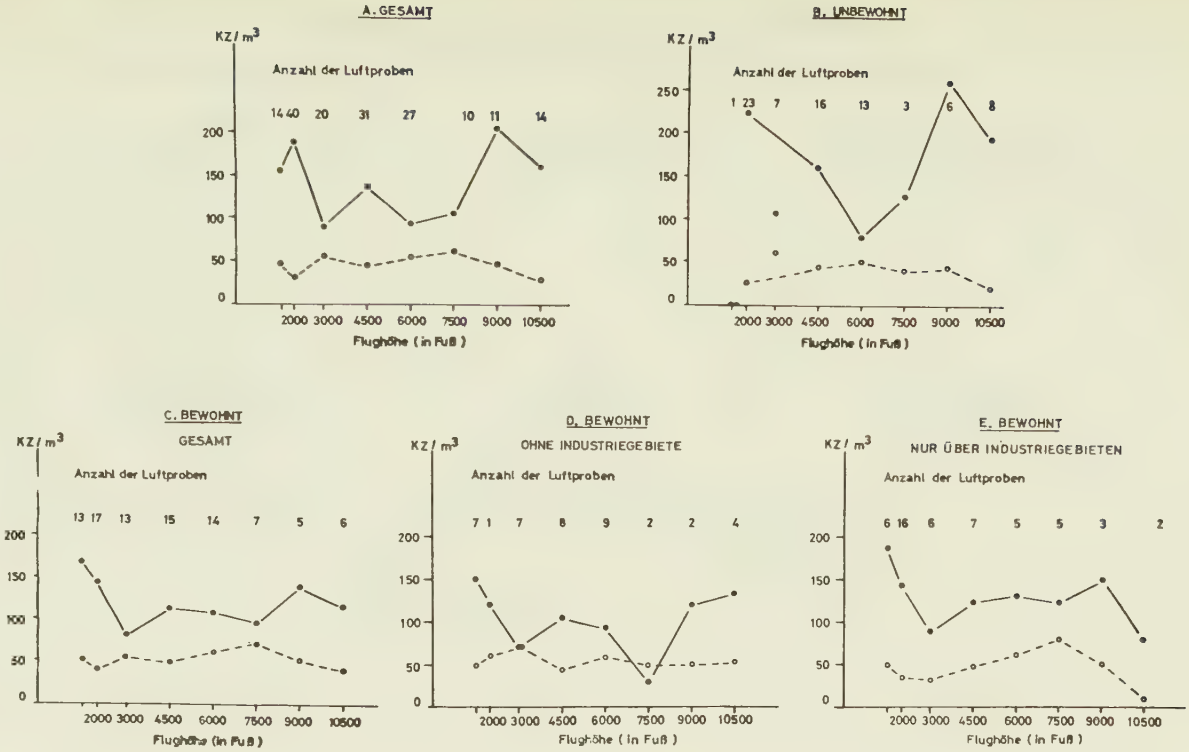


Abb. 6 Aufschlüsselung der mittels ATV und SLIT-S. (F.D.) bei vorigen 167 vergleichenden Luftkeimunter = suchungen erhaltenen Befunde nach bewohnten und unbewohnten Gegenden

ATV • —— SLIT-S. (F.D.) o – – –

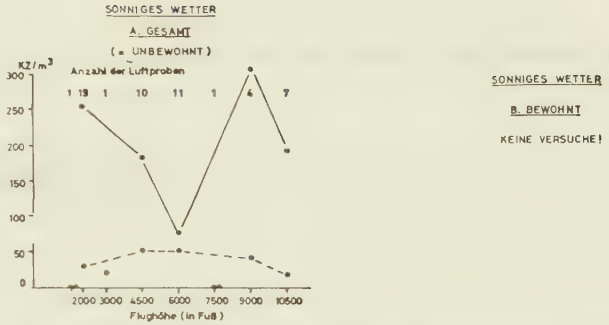


Abb. 7 Vergleich der mittels ATV und SLIT-S. (F.D.) erzielten Luftkeimausbeuten bei sonnigem Wetter über unbewohnten Gegenden

ATV ●—— SLIT-S. (F.D.) ○– – –

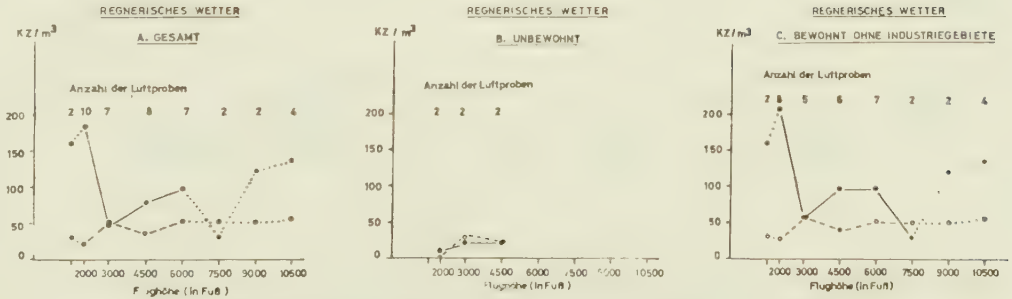


Abb. 8 Vergleich der mittels ATV und SLIT-S. (F.D.) erzielten Luftkeimausbeuten bei regnerischem Wetter über unbewohnten und bewohnten Gegenden

ATV ●—— SLIT-S. (F.D.) ○– – –

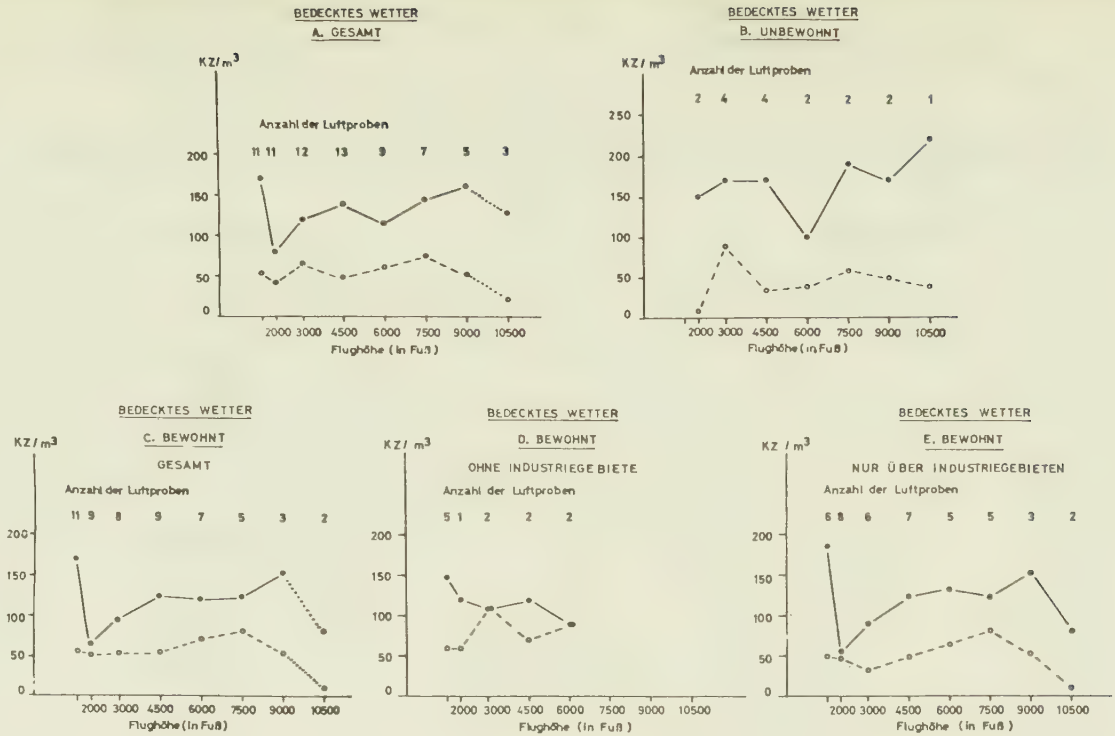


Abb. 9 Vergleich der mittels ATV und SLIT-S. (F.D.) erzielten Luftkeimausbeuten bei bedecktem Wetter über unbewohnten und bewohnten Gegenden

ATV • —— SLIT-S. (F.D.) o - - -

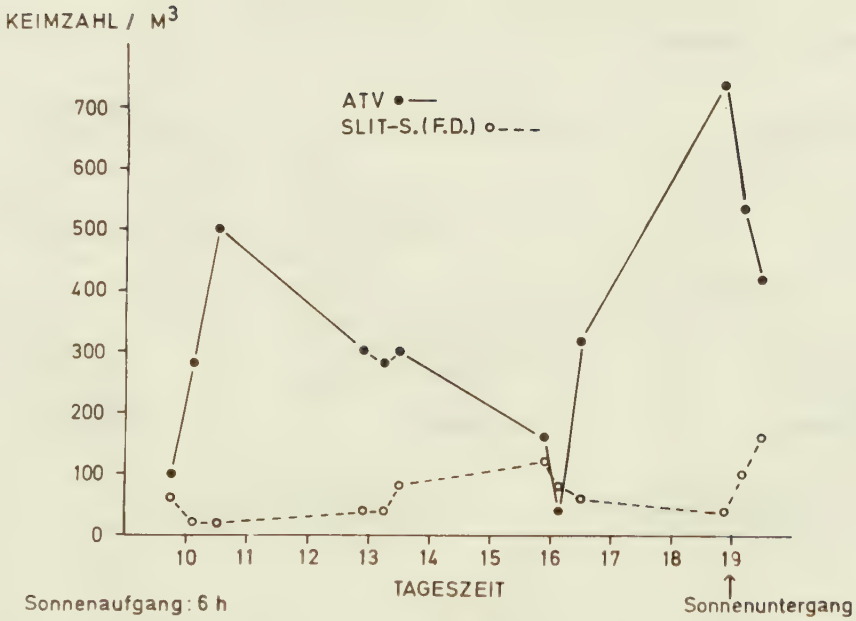


Abbildung 10

12 Vergleich. Luftkeimgehaltsbestimmungen (Keimzahlen/m^3) im Verlauf eines Tages in 1500 Fuss Flughöhe über einem bestimmten ländlichen Gebiet (ca. 20 km^2) mittels ATV und SLIT-S.(F.D.)

Flugtag: 8.9.1967
Gegend: Amöneburger Becken
Wetter und Lufttemperatur: Sonnig, +10° bis +14°C

Auffangmedium: Nutrientagar mit Blut
Versuchsdauer: Jeweils 10 min.
Luftprobenmenge: Jeweils 5 l / min.

Tabelle 3: 7 vergleichende Luftkeimgehaltsbestimmungen im Verlauf von 1 1/2 Stunden in verschiedenen Flughöhen über einem bestimmten ländlichen Gebiet (ca. 25 km^2) mittels Agartrommelventilator und Slit-Sampler (F.D.)

Flugtag: 8. 5. 1967
Gegend: Amöneburger Becken
Wetter und Lufttemperatur: Sonnig, +15° - -8° C

Luftprobe Nr.	Höhe (in Fuß)	Temp. (°C)	Zeit	ATV Keimzahl pro Trommel	ATV Keimzahl pro m^3	Slit-S. Keimzahl pro Platte	Slit-S. Keimzahl pro m^3
1	1 500	+15	15^{30-40}	0	0	0	0
2	3 000	+12	15^{45-55}	1	20	0	0
3	4 500	+ 8	16^{00-10}	2	40	0	0
4	6 000	+ 4	16^{13-23}	0	0	1	20
5	7 500	± 0	16^{25-35}	0	0	0	0
6	9 000	- 3	16^{39-49}	2	40	0	0
7	12 500	- 8	17^{00-10}	0	0	0	0
Steril.-Kontr. im Flugzeug				0		0	
" " Labor				1		0	

II. Grob-qualitative Differenzierung des Sammelguts vergleichender Luftkeimgehaltsbestimmungen in verschiedenen Flughöhen mittels Agartrommelventilator und Slit-Sampler (F.D.)

Da es denkbar war, daß die bei beiden Geräten quantitativ differierenden Keimausbeuten sich auch in qualitativer Hinsicht unterscheiden könnten, ist zunächst das bei den 167 Luftproben-Doppelentnahmen gewonnene Sammelgut von 1562 Bakterienkolonien nach (gram-positiven und -negativen) kokken- und stäbchenförmigen Bakterien unterschieden worden.

Wie den in der Abbildung 11 angeführten Gesamtbefunden zu entnehmen ist, überwog in allen Flughöhen der Anteil an Kokken mit 80 - 90 % bei weitem den der Stäbchen. Hierbei sind mit dem ATV-Gerät im allgemeinen 5 - 10 % mehr stäbchenförmige Keime erfaßt worden als mit dem Slit-Sampler (F.D.). Bei Außerachtlassung der nur durch einzelne Versuche belegten Befunde gilt diese Aussage auch für die nach vorgenannten Parametern aufgeschlüsselten Keimausbeuten. Eine Ausnahme bildeten lediglich die über bewohnten Gegenden, ohne Industriegebiete (s. Abbildung 12d),und bei regnerischem Wetter (s. Abbildung 14a und 14c) angetroffenen Verhältnisse, wo in Höhen von 3000-10 500 Fuß ausschließlich mit dem ATV-Gerät eine vermehrte Erfassung von Stäbchen bis zu einem Anteil von 50 % festzustellen war.

Bei einer weitergehenden Differenzierung des Gesamtkeimsammelgutes in die nachstehenden 4 Bakteriengruppen ergab sich folgendes: Weitaus am häufigsten lagen mit 82 % (= 1280 Kolonien) gram-positive Kokken vor, während gram-positive Nichtsporenbildner mit 12 % (= 198 Kolonien), gram-positive Sporenbildner mit 4 % (= 60 Kolonien) und gram-negative nicht-sporenbildende Stäbchen gar nur mit 2 % (= 24 Kolonien) vertreten waren. Diese Relationen variierten an verschiedenen Flugtagen und in den verschiedenen Flughöhen nur wenig. Lediglich in Höhen von 9000 und

10 500 Fuß hatten wir nie gram-negative Stäbchen (die ohnehin nur selten vorkommen) angetroffen. Auch bei Aufschlüsselung unserer Befunde nach vorherigen topographischen und meteorologischen Gegebenheiten ergaben sich keine deutlichen Unterschiede hinsichtlich der Verteilung der 4 Bakteriengruppen.

In der Tabelle 4 ist die von uns gefundene Häufigkeitsverteilung der 4 Bakteriengruppen den von einigen anderen Autoren mitgeteilten Befunden gegenübergestellt. Dieser Vergleich zeigt außerordentlich große Unterschiede in der Zusammensetzung der Luftflora. Wenn auch diese Abweichungen zum großen Teil auf die unterschiedlichen Versuchsvoraussetzungen (Art der Luftkeimsammlung, geographische Lage und Jahreszeit) zurückzuführen sind, so ist trotzdem auffallend, daß ein derartig hoher Kokkenanteil (82 %), wie er von uns festgestellt wurde, von den anderen Autoren nicht gefunden worden ist.

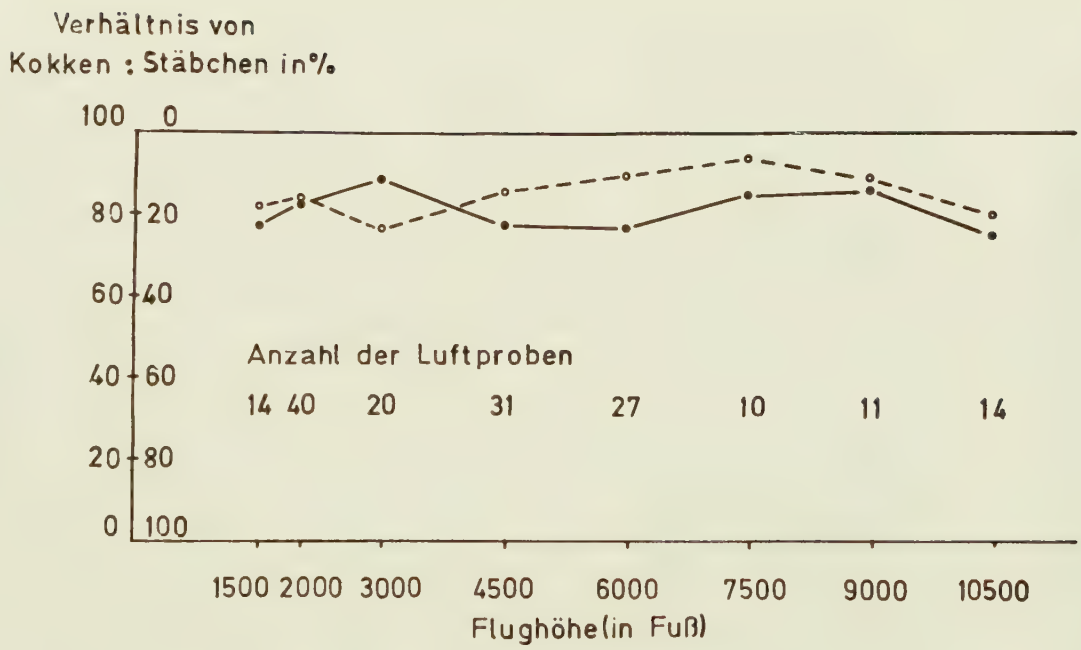


Abbildung 11

Verhältnis von Kokken und Stäbchen (in%) bei vorigen mittels ATV und SLIT-S.(F.D.) erzielten Keimausbeuten (s. Abb. 5)

ATV • —— SLIT-S.(F.D.) o - - -

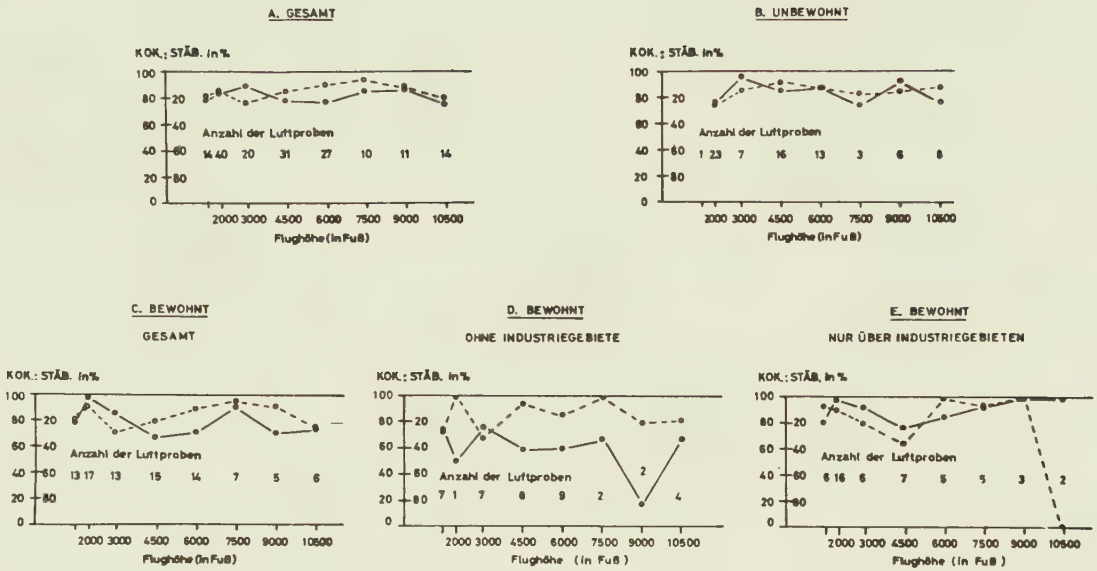
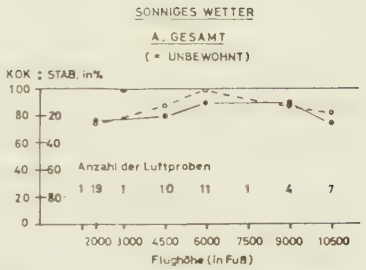


Abb. 12 Verhältnis von Kokken und Stäbchen (in %) bei vorigen mittels ATV und SLIT-S. (F.D.) über unbewohnten und bewohnten Gegenden erzielten Keimausbeuten (s. Abb. 6)

ATV • —— SLIT-S. (F.D.) ○ – – –



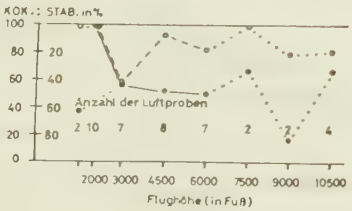
SONNIGES WETTER

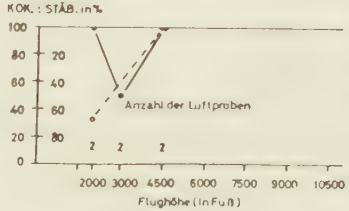
B. BEWOHNT

KEINE VERSUCHE !

Abb. 13 Verhältnis vor Kokken und Stäbchen (in %) bei vorigen mittels ATV und SLIT-S. (F.D.) bei sonnigem Wetter erzielten Keimausbeuten (s. Abb. 7)

ATV • —— SLIT-S. (F.D.) ○ – – –





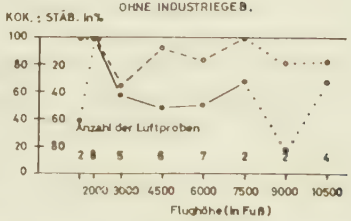


Abb. 14 Verhältnis von Kokken und Stäbchen (in %) bei vorigen mittels ATV und SLIT S (F D) bei regnerischem Wetter erzielten Keimausbeuten (s. Abb. 8)

ATV • —— SLIT-S. (F.D.) ○ – – –

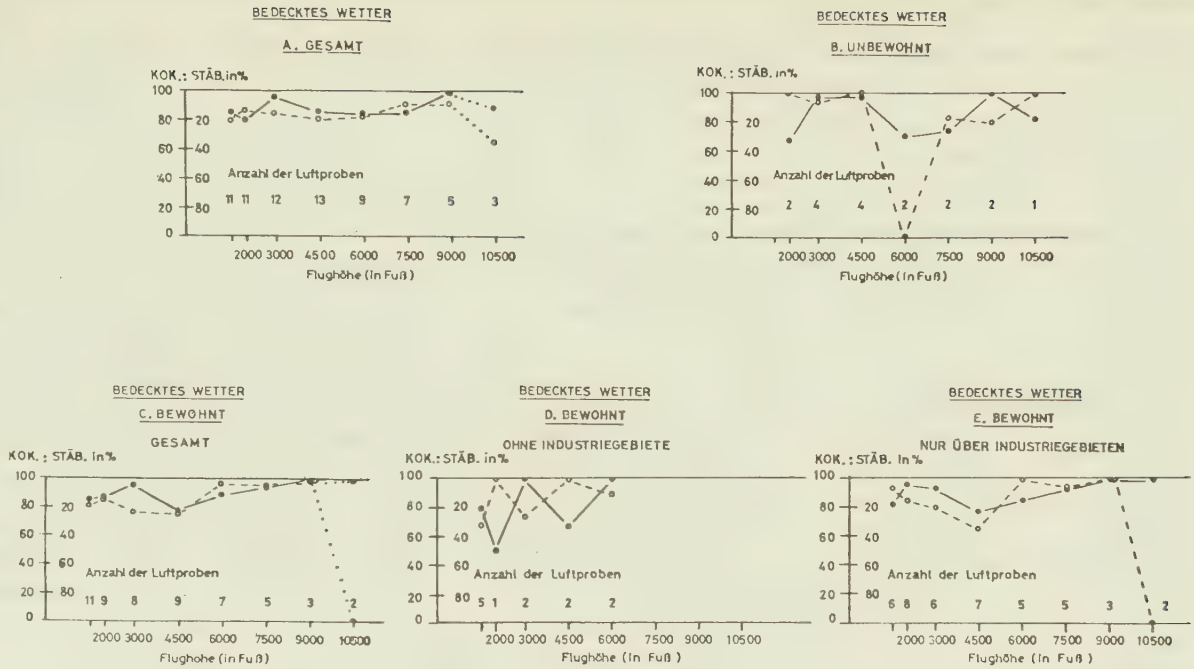


Abb. 15 Verhältnis von Kokken und Stäbchen (in%) bei vorigen mittels ATV und SLIT-S.(F.D.) bei bedecktem Wetter erzielten Keimausbeuten (s. Abb. 9)

ATV •—— SLIT-S.(F.D.) o- - -

Tabelle 4: Vergleich der von verschiedenen Autoren*) festgestellten Häufigkeitsverteilung von kokken- und stäbchenförmigen Bakterien in höheren Luftschichten mit eigenen Befunden.

*) nach GREGORY (1961)

	PROCTOR 1934	WOLF 1943	PADY, KELLY+ POLUNIN 1948	PADY+ KELLY 1953	PADY+ KELLY 1953. PADY+ KAPICA 1953	PADY u. KELLY 1954		Eigene Befunde
Keimsammelgerät	Aerobio=collec=tor	Exposition von Agarplatten	Exposition von Agarplatten	G.E. Electrostatic-Sampler	G.E. Electrostatic-Sampler	G.E.Electrostatic-Sampler, Slit-Sampler		ATV u.Slit-S.(F.D.)
Gegend	Umgebung von Boston (USA)	Nashville in Tennessee (USA)	Arktisches u. Subarkt. Kanada	Churchill (Kanada)	Nord-Kanada	Nordatlantik, Quebec Prov.		West-Deutschland
Flughöhe in Fuß	1500 - 20600	1000 - 10600	1500	9000	.	.	.	1500 - 10500
Jahreszeit	Februar-April	Winter	Juni - August	August	September - August	Juni	August	Mai - August
Häufigkeit in %								
Grampos. Kokken	28	38	26	15	23	41,5	13	82
Sporenbildner	52	38	4	18	38	33,5	29	4
Grampos. sporenlose Stäbchen	20	0	ca.40(?)	47	24	20,5	37	12
Gramneg. Stäbchen		24	17	20	5	4,5	21	2

III. Identifizierung des Sammelguts vergleichender Luftkeimgehaltsbestimmungen in verschiedenen Flughöhen mittels Agartrommelventilator und Slit-Sampler (F.D.)

Die Differenzierung der bei vorigen 167 Luftkeimgehalts-Doppelbestimmungen insgesamt gewonnenen 1562 Bakterienkolonien erfolgte nach den in Kapitel B angegebenen Methoden. Unter Einschluß der (etwa 11) von uns nicht identifizierten Bakterienarten (deren Erfassung sich auf morphologische, kulturelle und biochemische Unterschiede stützte) stellten wir etwa 50 verschiedene Spezies fest, und zwar bei gram-positiven Kokken 17 (davon 4 nicht identifizierte Spezies), bei gram-positiven Nichtsporenbildnern 18 (6), bei gram-positiven Sporenbildnern 6 und bei gram-negativen Stäbchen 9 (1) Spezies. Sämtliche von uns identifizierten Bakterien waren apathogen, mit Ausnahme von an 5 Versuchstagen ermittelten 21 Kolonien von "Staph. aureus", die jeweils bei bedecktem Wetter in Höhen von 2000 - 9000 Fuß über bewohnten und unbewohnten Gegenden gefunden wurden.

Wie einleitend berichtet worden ist, liegen u.W. nur von wenigen Autoren Mitteilungen über eingehendere qualitative Luftkeimgehaltsbestimmungen vor. So sind von PROCTOR (1934, 1935) an 75 Flugtagen mit einem Aerobiocollector (bzw. teilweise durch Exposition von Petrischalen) bei 343 Luftprobenentnahmen insgesamt 47 verschiedene Spezies ermittelt worden. PROCTOR und PARKER (1938) erfaßten mit demselben Verfahren bei 40 Flugtagen insgesamt 12 verschiedene Bakterienarten. Ferner wurden von WOLF (1943) aus einem bei 3 Flügen gewonnenen Sammelgut von 61 Bakterienkolonien 29 unterschiedliche Spezies identifiziert. In der Tabelle 5 ist eine Gegenüberstellung der Befunde dieser Autoren mit unseren eigenen gebracht (In dieser Aufstellung wurden von uns die heute üblichen Speziesbezeich-

nungen benutzt; da hierdurch oft mehrere ältere Speziesbegriffe in einem einzigen Speziesnamen zusammengefaßt werden, verringert sich die von obigen Autoren jeweils ermittelte Gesamtzahl verschiedener Spezies (bei PROCTOR inkl. PARKER auf 38 Spezies). Es ist aus dieser tabellarischen Übersicht zu entnehmen, daß nicht nur die von diesen Untersuchern identifizierten Spezies unter sich sehr variieren, sondern auch gegenüber den von uns ermittelten. So bestand unter dem Keimsammelgut voriger Autoren nur in folgenden Fällen Übereinstimmung:
Bei Kokken (mit 16 bzw. 11 verschiedenen Spezies) wurden 6 mal und bei gram-positiven Sporenbildnern (11 bzw. 9) 5 mal gleiche Spezies identifiziert, während bei gram-positiven (je 1) und -negativen Stäbchen (10 bzw. 8) keine Übereinstimmungen bestanden. (Was die Häufigkeit der von diesen Untersuchern und von uns gefundenen Spezies betrifft, so ist ein solcher Vergleich wegen ungenügender Angaben seitens dieser Autoren im einzelnen zwar nicht möglich, doch scheinen diesbezüglich erhebliche Unterschiede zu bestehen. So ist z.B. die von uns am häufigsten (410 Kolonien = 32 %) angetroffene Spezies "Microc. conglomeratus" von WOLF nur 1 mal (= 5 %) erfaßt worden, während bei "Microc. candidus" ein entsprechendes Häufigkeitsverhältnis von 107 (= 8 %) bzw. 1 (= 5 %) vorlag). Da bereits unsere grob-qualitativen Untersuchungsergebnisse erheblich von denen voriger Untersucher differieren(s.S.29), war zu erwarten, daß ein entsprechender Speziesvergleich noch stärkere Unterschiede zeigt (Von der Problematik abgesehen, die mit der Identifizierung bzw. Klassifizierung banaler Luftkeime verbunden ist, wird ein derartiger Vergleich dadurch erschwert, daß die erwähnten Autoren oft Speziesbezeichnungen benutzten, die in BERGEY's Manual 1957, nicht mehr und auch nicht als Synonyma angeführt sind). In der Tabelle 6 sind die von PROCTOR und PARKER sowie von WOLF ermittelten Gesamtbefunde mit den unsrigen verglichen. Es ist hieraus ersichtlich, daß bei den 4 Bakteriengruppen nur folgende Spezies-Übereinstimmungen

bestehen: Bei 9 von 13 Kokkenspezies (unseres Sammelgutes) und bei 3 von 6 gram-positiven Sporenbildnern, während bei gram-positiven Nichtsporenbildnern (2 bzw. 12) und bei gram-negativen Stäbchen (18 bzw. 8) jeweils völlig verschiedene Spezies identifiziert worden sind.

Die bestehenden Schwierigkeiten in der Diagnostik banaler Luftkeime sind nicht zuletzt bei den kokkenförmigen Bakterien offenkundig. So ist von BAIRD-PARKER (1963) eine neue Taxonomie der Kokken vorgeschlagen worden, die u.a. von GIBBS und SKINNER (1967) empfohlen wird. Hiernach werden die Staphylokokken und Mikrokokken unter Außerachtlassung der binominalen Nomenklatur lediglich in 6 bzw. 8 Subgruppen eingeteilt, wobei die Mikrokokken ausschließlich durch ihr Unvermögen, fermentativ Glukose abzubauen, definiert sind (s.S. 9). Nach diesem Vorschlag haben wir die bei den letzten 5 Versuchsflügen angefallenen 393 Kokkenkolonien (= ca. 14 verschiedene, binominale Spezies) zusätzlich nach BAIRD-PARKER differenziert. Mit wenigen Ausnahmen waren mit diesem Verfahren zuverlässige und gut reproduzierbare Befunde zu erhalten, die in der Tabelle 7 aufgeführt sind. Es geht daraus hervor, daß entgegen der bisherigen Nomenklatur der Großteil (81 %) der in der Luft anzutreffenden Kokken nicht als Mikrokokken, sondern als Staphylokokken aufzufassen wären und vornehmlich zu deren Subgruppen II und III zu zählen sind; nur 19 % der Kokken würden zur Gattung "Micrococcus" gehören, und zwar ausschließlich zu deren Subgruppe 7.

Im Anschluß an diese Differenzierungsversuche stellte sich uns die Frage, ob die gegenüber dem Slit-Sampler (F.D.) um etwa das 3,2-fache vermehrte Keimerfassungs-Chance des ATV-Gerätes (s.S. 21) mit einer Bevorzugung bestimmter Bakterienspezies verbunden ist. Dies scheint im allgemeinen nicht der Fall zu sein, da zumindest die am häufigsten angetroffenen Bakterienarten vom ATV-Gerät weitgehend in obigem Verhältnis erfaßt worden sind. Bei den erwähnten zwei Ausnahmen (s.S. 21) handelt es sich zum einen um die bei einer einzigen Luftprobenentnahme angetroffene Bakterien-

art "Corynebacterium spec." mit einem Keimzahlverhältnis von 26 : 0 zugunsten des Agartrommelventilators, zum anderen um "Brevibacterium linens", das in 8 Luftproben eines einzigen Flugversuches in Höhen von 3000 - 9000 Fuß über bewohnten Gegenden (Raum Marburg-Hanau-Würzburg) bei regnerischem Wetter insgesamt in einer Relation von 40 : 3 Keimen zugunsten des ATV-Gerätes gefunden wurde.

Schließlich sei erwähnt, daß bei Aufschlüsselung des qualitativen Sammelguts gegenüber eingangs erwähnten Parametern keine gesetzmäßigen Unterschiede feststellbar waren.

Tabelle 5: Vergleich der von PROCTOR (1934, 1935) inkl. PROCTOR und PARKER (1938), WOLF (1943) und von uns in verschiedenen Flughöhen identifizierten Spezies von Luftkeimen.

	Befunde von		Eigene Befunde	
	PROCTOR und PARKER	WOLF		Häufigkeit in %
A. Aerobe, gram-positive Kokken				
1. Microc. agilis	-	-	+	<1
2. " candidus	+	+	+	8
3. " colpogenes	-	-	+	7
4. " conglomeratus	+	+	+	32
5. " cryophilus	-	-	+	16
6. " flavus	+	+	+	5
7. " freudenreichii	+	+	+	10
8. " luteus	-	+	+	3
9. " roseus	-	+	-	.
10. " rubens	-	-	+	1
11. " ureae	+	-	+	<1
12. " varians	+	-	+	5
13. Sarc. flava	+	+	-	.
14. " lutea	+	-	+	<1
15. Stäph. aureus	+	-	+	2
16. Microc. aurantiacus*	-	+	.	.
17. " corallinus*	-	+	.	.
18. " ochraceus*	+	-	.	.
19. " perflavus*	+	+	.	.
20. " percitreus*	+	-	.	.
21. " sensibilis*	+	-	.	.
22. " sphaeroides*	+	-	.	.
23. " subcitreus*	-	+	.	.
24. Rhondoc. corallinus*	+	-	.	.
25. Sarc. citrea*	+	-	.	.
Anzahl der identif. Spezies	16	11	13	90
Anzahl der nicht ident. Spez.	.	.	etwa 4	10
Spezies insgesamt	16	11	(etwa)17	100

Tabelle 5: (1. Forts.)

	Befunde von		Eigene Befunde	
	PROCTOR und PARKER	WOLF		Häufigkeit in %
B. Aerobe, gram-positive Stäbchen				
a) nicht-sporenbildende Stäbchen				
1. Arthrobac. aureus	-	-	+	< 1
2. " citreus	-	-	+	< 1
3. " globiformis	+	-	+	< 1
4. " simplex	-	-	+	< 1
5. Brevibac. erythrogenes	-	-	+	6
6. " fuscum	-	+	-	.
7. " linens	-	-	+	31
8. " sulfureum	-	-	+	< 1
9. Corynebac. spec. (a)	-	-	+	22
10. " " (b)	-	-	+	2
11. Kurthia variabilis	-	-	+	3
12. " zopfii	+	-	-	.
13. Lactobac. fermenti	-	-	+	3
14. Nocardia spec.	-	-	+	4
Anzahl der identifiz. Spezies	1	1	12	73
Anzahl der nicht ident. Spez.	.	.	etwa 6	27
Spezies insgesamt	1	1	(ca.) 18	100
b) sporenbildende Stäbchen				
1. Bac. brevis	-	-	+	12
2. " cereus	+	+	+	48
3. " cereus var. mycoides	+	+	-	.
4. " fuscus var. mesentericus	+	+	-	.
5. " licheniformis	-	-	+	1
6. " macerans	-	-	+	2
7. " megaterium	+	+	+	7
8. " pasteurii	+	-	-	.
9. " polymyxa	+	-	-	.
10. " sphaericus	-	+	+	30
11. " subtilis	+	+	-	.
12. " adhaerens*	-	+	.	.
13. " agri*	-	+	.	.
14. " albus*	+	-	.	.
15. " evanidus*	+	-	.	.
16. " luteus*	+	-	.	.
17. " platychoma*	+	-	.	.
18. " ubicuitarius*	-	+	.	.
Anzahl der identifiz. Spezies	11	9	6	100
Anzahl der nicht ident. Spez.	.	.	.	.
Spezies insgesamt	11	9	6	100

*) Klassifizierung nicht gesichert; Speziesbezeichnungen in BERGEY's Manual (1957, 7. Auflage) nicht mehr angeführt.

Tabelle 5: (2. Forts.)

	Befunde von		Eigene Befunde	
	PROCTOR und PARKER	WOLF		Häufigkeit in %
C. Aerobe, gram-negative Stäbchen				
1. Achromobac. cycloclastes	-	-	+	9
2. " guttatum	-	+	-	.
3. " liquefaciens	+	-	-	.
4. " parvulus	-	-	+	8
5. Flavobac. breve	+	-	-	.
6. " devorans	-	+	-	.
7. " peregrinum	-	-	+	9
8. " rigense	-	-	+	4
9. " solare	+	-	-	.
10. " sulfureum	-	+	-	.
11. Pseudomonas effusa	-	-	+	8
12. " fragi	-	-	+	4
13. " geniculata	+	-	-	.
14. " mira	-	-	+	29
15. " rathonis	+	-	-	.
16. " striata	-	+	-	.
17. " stutzeri	-	-	+	21
18. Serratia plymouthensis	-	+	-	.
19. Achromobac. cystinovor.*	-	+	.	.
20. " gasoformans*	+	-	.	.
21. " liquidum*	-	+	.	.
22. " pikowskyi*	+	-	.	.
23. " reticularum*	+	-	.	.
24. " tiogense*	+	-	.	.
25. Flavobac. flavescens*	+	-	.	.
26. " lacunatum*	-	+	.	.
Anzahl der identifiz. Spez.	10	8	8	92
Anzahl d. nicht ident.Spez.	.	.	1	8
Spezies insgesamt	10	8	9	100
Alle Spezies insgesamt	38	29	(etwa) 50	

Tabelle 6: Gegenüberstellung der Anzahl der von PROCTOR (1934, 1935) inkl. PROCTOR und PARKER (1938), von WOLF (1943) und von uns identifizierten Bakterienspezies

		PROCTOR bzw. PARKER	WOLF	PROCTOR und WOLF (insgesamt)	Eigene Befunde**
Gram-pos. Kokken	Anzahl identifiz. Spezies	16	11	21	13
	Übereinstimmung mit eig. Befunden	8	5	9	.
Gram-pos. sporenlose Stäbchen	Anzahl identifiz. Spezies	1	1	2	12
	Übereinstimmung mit eig. Befunden	0	0	0	.
Gram-pos. Sporenbildner	Anzahl identifiz. Spezies	11	9	15	6
	Übereinstimmung mit eig. Befunden	2	3	3	.
Gram-neg. sporenlose Stäbchen	Anzahl identifiz. Spezies	10	8	18	8
	Übereinstimmung mit eig. Befunden	0	0	0	.

*) ohne nicht identifizierte Spezies

Tabelle 7: Prozentuale Häufigkeit der aus 54 Luftproben (1500-10500 Fuß Flughöhe) mittels eines Agartrommelventilators und eines Slit-Samplers (F.D.) erfassten und identifizierten 393 Kolonien von Staphylokokken-Mikrokokken

Nach BERGEY'S MANUAL (1957)		Nach BAIRD-PARKER (1965)									
Spezies		Staphylococcus (Rosenbach)							Micrococcus (Cohn)		
		Subgruppen						nicht identifiziert	Subgruppen		
		I	II	III	IV	V	VI		1-6	7	8
Staph. aureus	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Microc. conglomeratus	32	0	15	11	0	5	0	1	0	0	0
" cryophilus	19	0	0	1	0	0	0	2	0	16	0
" freudenreichii	14	0	7	4	0	2	0	1	0	0	0
" luteus	7	0	0	7	0	0	0	<1	0	0	0
" colpogenes	6	0	0	0	3	0	0	<1	0	3	0
" varians	4	0	<1	<1	0	<1	3	0	0	0	0
" ureae	2	0	<1	0	0	0	1	0	0	0	0
" rubens	1	0	0	<1	0	0	1	0	0	0	0
" candidus	1	0	0	<1	0	0	0	<1	0	0	0
" agilis	<1	0	0	<1	0	0	0	0	0	0	0
nicht identifiz. (ca. 3 Spec.)	8	0	0	2	0	0	0	6	0	0	0
insgesamt	100	5	23	26	3	7	5	12	0	19	0

IV. Vergleichende quantitativ-qualitative Keimgehaltsbestimmungen in gewöhnlicher Raumluft mittels Agartrommelventilator und Slit-Sampler (F.D.)

Um uns über die quantitative und qualitative Zusammensetzung des Keimgehaltes in gewöhnlicher Raumluft zu informieren, haben wir nach Abschluß der Flugversuche mit dem ATV-Gerät und dem Slit-Sampler (F.D.) einige entsprechende Vergleichsversuche im Laboratorium unternommen.

Die bei insgesamt 18 Raumluftproben in den Monaten Oktober und November 1967 erhaltenen Ergebnisse sind in der Tabelle 8 wiedergegeben. Es ist hieraus zunächst zu entnehmen, daß bei 129 insgesamt erfaßten Bakterienkolonien das ATV-Gerät nur eine 2 mal größere Keimerfassungs-Chance besaß als der Slit-Sampler (F.D.). Wie aus der Tabelle ersichtlich ist, dürfte diese verminderte Keimausbeute mit einem "Fehler der kleinen Zahl" zu erklären sein.

Gegenüber dem bei den Flugversuchen erhaltenen sehr speziesreichen Keimsammelgut haben wir bei diesen Raumluftversuchen nur etwa 20 verschiedene Bakterienarten ermittelt. Dies ist wahrscheinlich darauf zurückzuführen, daß zum Zeitpunkt der Untersuchungen die Laborluft sehr keimarm war und (im Vergleich zu dem freien Luftraum über großen Teilen Westdeutschlands) das "Keimeinzugsgebiet" eines geschlossenen Raumes sehr begrenzt ist. Zudem dürfte im Laboratorium die gelegentliche Anwendung von UV-Bestrahlung und flüssigen Desinfektionsmitteln eine gewisse Keimverarmung und -selektion bewirkt haben.

Auch bei den Laboratoriumsversuchen machten Kokken den Hauptanteil der Luftflora aus, und es lagen (trotz des geringen Untersuchungsmaterials von nur 129 Bakterienkolonien) die 4 Bakteriengruppen in etwa der gleichen Häufigkeitsrelation vor wie bei unseren vorausgegangenen Flugversuchen: Gram-positive Kokken waren zu 74 % (= 96 Kolonien mit etwa 12 verschiedenen Spezies), gram-positive Nichtsporen-

bildner zu 21 % (= 27 Kolonien mit etwa 4 Spezies, gram-positive Sporenbildner zu 1 % (= 1 Kolonie) und gram-negative Stäbchen zu 4 % (= 5 Kolonien mit 3 verschiedenen Spezies) vertreten.

In Bestätigung der Befunde unserer Flugversuche war auch bei diesen Laborluftuntersuchungen keine bevorzugte Erfassung bestimmter Bakterienspezies durch das eine oder andere Gerät erkennbar.

Nicht unerwähnt sei, daß oftmals eine "Verseuchung" der Laborluft durch Sporenbildner oder durch Pilze auftrat, letzteres insbesondere an feuchten Herbsttagen. Auch ohne besondere Desinfektionsmaßnahmen stellte sich nach einigen Tagen meist von selbst wieder der Normalzustand ein.

Wie beim Keimsammelgut eines Teils der Flugversuche haben wir auch die bei den Raumluftuntersuchungen gewonnenen kokkenförmigen Bakterien zusätzlich nach BAIRD-PARKER klassifiziert. Die 12 verschiedenen, binominalen Kokkenspezies der insgesamt 96 angefallenen Kolonien verteilten sich, wie aus der Tabelle 9 ersichtlich ist, auf die beiden Genera "Staphylococcus" und "Micrococcus" und deren Subgruppen in etwa dem gleichen Verhältnis wie bei den Kokken höherer Luftschichten.

Tabelle 6: Vergleich der Häufigkeit der aus 18 Raumluftproben mittels eines Agartrommelventilators und eines Slit-Samplers(F.D.) erhaltenen und identifizierten Keimausbeuten (insgesamt 129 Kolonien)

Spezies	Anzahl der Kolonien in %	absolut ATV	absolut Slit-S.	Erfassungs-Chance ATV : Slit-S.
A. Grampositive Kokken				
1. Staphylococcus aureus	3	1	2	1 : 2
2. Micrococcus colpogenes	18	6	11	1 : 1,8
3. " varians	15	12	3	4 : 1
4. " candidus	12	10	1	10 : 1
5. " cryophilus	12	10	1	10 : 1
6. " conglomeratus	6	4	2	2 : 1
7. " freudenreichii	4	4	0	ausschl.: -
8. " luteus	3	0	3	- :ausschl.
9. " rubens	1	0	1	- :ausschl.
nicht identifiz.Kolonien (etwa 3 Spezies)	26	19	6	3,1 : 1
insgesamt	100	66	30	2,2 : 1
B. Grampositive Stäbchen				
1. Brevibacterium linens	68	7	12	1 : 1,7
2. Corynebacterium spec.	11	1	2	1 : 2
3. Bacillus cereus	3	0	1	- :ausschl.
nicht identifiz.Kolonien (etwa 2 Spezies)	18	5	0	ausschl.: -
insgesamt	100	13	15	1 : 1,1
C. Gramnegative Stäbchen				
1. Achromobacter cycloclastes	40	2	0	ausschl.: -
2. Flavobacterium peregrinum	40	2	0	ausschl.: -
3. " rigense	20	1	0	ausschl.: -
nicht identifiz.Kolonien	0	0	0	- : -
insgesamt	100	5	0	ausschl.: -
Alle 20 Spezies	.	84	45	1,9 : 1

Tabelle 9: Prozentuale Häufigkeit der aus 18 Raumluft-Proben mittels eines Agartrommelventilators und eines Slit-Samplers (F.D.) erfassten und identifizierten 96 Kolonien von Staphylokokken-Mikrokokken

Nach BERGEY'S MANUAL (1957)		Nach BAIRD-PARKER (1965)											
		Staphylococcus (Rosenbach)							Micrococcus (Cohn)				
Spezies		Subgruppen						nicht identifiziert	Subgruppen				
		I	II	III	IV	V	VI		1	2	3-6	7	8
Staph. aureus	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Microc. colpogenes	18	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	16	0
" varians	15	0	8	1	3	3	0	0	0	0	0	0	0
" cryophilus	12	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	11	0
" candidus	12	0	0	1	0	6	0	1	0	4	0	0	0
" conglomeratus	6	0	1	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0
" freudenreichii	4	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
" luteus	3	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
" rubens	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
nicht identifiz. (ca. 3 Spec.)	26	0	0	0	0	0	9	14	0	0	0	3	0
insgesamt	100	3	13	6	3	14	9	18	0	4	0	30	0

D. BESPRECHUNG

Die relativ geringe Kenntnis der Mikroflora der Luft, insbesondere höherer Luftschichten, ist in erster Linie auf das Fehlen leistungsfähiger Keimsammelgeräte zurückzuführen. Zudem gibt es kein Verfahren, um die Leistungsfähigkeit eines Luftkeimsammlers auch nur in Annäherung exakt zu bestimmen. Hiermit wäre die Tatsache erklärt, daß in den letzten 120 Jahren eine außerordentlich große Anzahl von Luftkeimsammelmethoden und -geräten inkl. zahlreicher Modifikationen entwickelt worden ist. Es besteht wohl kein Zweifel, daß bei jedem Sammelgerät ein mehr oder weniger großer Anteil von Luftbakterien, insbesondere vegetative Formen, abgetötet wird, und zwar teils durch Austrocknung während des Sammelvorgangs, teils durch den festen Aufprall auf die Keimauffangoberfläche. Außerdem entweicht ein nicht bestimmbarer Anteil von Luftbakterien mit der Abluft. Für die Beurteilung der Wirksamkeit eines Luftkeimsammlers werden daher vornehmlich Versuche mit künstlichen Bakterienaerosolen herangezogen in der Annahme, daß die hierbei ermittelten Ergebnisse ohne weiteres auf die Gegebenheiten normaler Raum- oder Freiluft übertragbar sind. Dies betrifft insbesondere auch die (oft annähernd keimfreien) Befunde von Abluftprüfungen, die bei Aerosolkammerversuchen vorgenommen wurden. Zudem ist für solche Untersuchungen meist nur eine einzige Spezies verwendet worden, was keine Rückschlüsse auf die gesamte Luftflora gestattet (SCHIFF, noch unveröffentlicht). Die mit künstlichen Bakterienaerosolen erhaltenen Ergebnisse mögen in gewissem Umfang zwar für Sporen von Luftbakterien gelten, jedoch kaum für vegetative Bakterienformen, da solche je nach der verwendeten Spezies und der Art des Sammelvorgangs in unterschiedlichem Ausmaße abgetötet werden und bereits ihre künstliche Aerosolisierung zu einer erheblichen Verkürzung ihrer Lebenszeit führt (MAY, 1966). Hinzu kommen beträchtliche Schwie-

rigkeiten einer optimalen Kultivierung des gesamten Bakteriensammelguts, was eine gleichzeitige Anwendung unterschiedlicher, nur für einzelne Spezies optimaler Nährböden und Temperaturen notwendig macht. Aus diesem Grunde beschränkten sich die meisten Autoren, und auch wir selbst, auf eine Erfassung aerob, innerhalb 2-3 Tagen auf Blutagar bei 37°C sich vermehrenden Bakterien, unter Außerachtlassung von Pilzen.

Um die Eignung eines bestimmten Luftkeimsammlers für Keimgehaltsbestimmungen in gewöhnlicher Raum- oder Höhenluft vergleichen und beurteilen zu können, wurde die Vornahme von gleichzeitigen Vergleichsversuchen mit einem bekannten Standardbezugsgerät empfohlen (BRACHMAN u.a., 1964). Für diesen Zweck ist von uns der Slit-Sampler von DECKER und WILSON (Fort Detrick, 1954) verwendet worden.

Während sich Gaswaschflaschen, Bubbler und Impinger zwar für Raumluftuntersuchungen gut eignen, sind sie für Keimgehaltsbestimmungen in höheren Luftschichten wegen der dortigen meist niedrigen Temperaturen wenig vorteilhaft. Aus diesem Grunde sind für Luftkeimuntersuchungen in größeren Höhen meist Sammler benutzt worden, die auf dem Prinzip der Luftaufblasung auf feste Nähragarschichten arbeiten, wobei die Gefahr des Einfrierens durch Auftragen eines Fett- oder Ölfilms vermieden werden kann. Derartige Agaroberflächen-Verfahren stellen zudem die Methode der Wahl für qualitative Luftkeimgehaltsbestimmungen dar, da die entstehenden Kolonien ohne weiteres ihrer Differenzierung zugeführt werden können.

Die bisherigen quantitativen oder qualitativen Luftkeimgehaltsbestimmungen in höheren Luftschichten (vom Ballon oder Flugzeug aus) sind meist mittels Exposition von Agarplatten (teilweise unter Verwendung einer Luftzuführung von außen in die Flugzeugkanzel), Filtern oder Schlitz-Sammlern durchgeführt worden. Die mit diesen Methoden bzw. Geräten erzielten Keimausbeuten waren durchweg sehr gering. So ermittelten WOLF (Exposition von Agarplatten) etwa 9, PROCTOR und PARKER (Aerobiocollector) 12,

PADY und KELLY (1948) mittels Filter 14 und KELLY und PADY mit dem General Electric electrostatic airsampler nur 34 Keime pro m^3 Luft. Mit dem von SCHIFF angegebenen Agartrommelventilator waren bessere quantitative und qualitative Resultate zu erwarten, da dieses Gerät z.B. dem Slit-Sampler (F.D.) gegenüber um den Keimausbeutefaktor 3,2 überlegen ist. Hierbei ist zu berücksichtigen, daß letzteres Gerät nicht bei dem von den amerikanischen Autoren als optimal angesehenen Luftdurchfluß von 28,3 cf^3/min. verwendet worden ist, sondern bei einem von uns ermittelten, doppelt so ertragreichen Luftdurchfluß von nur 5 l/min. Im ersteren Falle würde sich die Überlegenheit des ATV-Gerätes gegenüber dem Slit-Sampler (F.D.) sogar in einer Keimausbeute-Relation von etwa 6,5 : 1 äußern.

Wenn man auch geneigt ist, die von uns gegenüber obigen Autoren ermittelten Keimgehaltswerte auf die größere Leistungsfähigkeit des ATV-Gerätes zurückzuführen, so bleibt doch zu bedenken, daß ein derartiger Vergleich nur mit Einschränkungen statthaft ist. Denn der quantitative Keimgehalt niederer wie höherer Luftschichten ist nicht nur großen jahreszeitlichen und wetterbedingten, sondern auch tageszeitlichen und z.T. sehr kurzfristigen Schwankungen unterworfen. So sind von zahlreichen Autoren (s.S. 4) und auch von uns (s.S. 21) zu bestimmten Tageszeiten auftretende Maximal- und Minimalwerte im Verlauf eines Tages beobachtet worden. Schließlich bleibt zu bedenken, daß auch der Luftkeimgehalt über geographisch sehr verschiedenen Gegenden differieren kann (s.S. 4,29).

Vor allem aber unterscheidet sich die Luft auch in qualitativer Hinsicht über geographisch weit auseinanderliegenden Gegenden. Dies geht eindeutig aus einem Vergleich unserer Befunde mit denen anderer Autoren hervor. So sind z.B. von PROCTOR sowie PROCTOR und PARKER und von WOLF in höheren Luftschichten insgesamt 67 verschiedene Bakterienspezies erfaßt und identifiziert worden, während wir selbst 39 unterschiedliche Bakterienarten bestimmt hatten (wobei die etwa 11 von uns nicht identifizierten

Spezies unberücksichtigt sind. Nur bei 12 der von uns klassifizierten Bakterienspezies aber bestand Übereinstimmung mit den Befunden obiger Autoren (s. Tabelle 6). Auch ein Vergleich der von den genannten Untersuchern in der Luft über den USA gefundenen Spezies zeigt nicht unerhebliche Unterschiede.

Diese qualitativen Differenzen sind sicherlich zu einem gewissen Teil auch auf die Schwierigkeiten zurückzuführen, denen eine Identifizierung banaler Luftkeime begegnet, zumal die in den einschlägigen Handbüchern enthaltenen taxonomischen Kriterien lückenhaft bzw. unzureichend sind (s.S. 36). Es bleibe nicht unerwähnt, daß trotz dieses Sachverhalts es obigen Autoren offensichtlich möglich war, ihr gesamtes Keimsammelgut zu identifizieren. Immerhin besteht bei den qualitativen Befunden der genannten Untersucher eine gewisse Übereinstimmung, als bei Aufgliederung ihres Sammelguts in die 4 großen Bakteriengruppen (gram-positive Kokken, Nichtsporenbildner, Sporenbildner und gram-negative Nichtsporenbildner) in grober Annäherung etwa die gleiche prozentuale Häufigkeit berichtet wurde (s. Tabelle 3). Gerade deswegen ist es umso auffallender, daß gegenüber dem von obigen Autoren berichteten Kokkenanteil von etwa 50 % wir sowohl bei den Flug- wie bei den Raumluftversuchen weit mehr (82 bzw.74 %) Kokken angetroffen haben. Obwohl sich diese unsere Feststellung auf einen Zeitraum von immerhin 7 Monaten erstreckte, bliebe nachzuprüfen, ob es sich hierbei tatsächlich um eine charakteristische Besonderheit der Keimflora der Luft über den von uns beflogenen Gegenden Westdeutschlands handelt. Auffallend ist ferner, daß wir entgegen den Befunden obiger Autoren um ein Vielfaches mehr gram-positive, sporenlose Stäbchen erfaßt haben (s. Tabelle 5). Ob dies zu einem gewissen Teil darauf zurückzuführen ist, daß (trotz 8täg. Bebrütung) nicht aussporende Bazillen irrtümlicherweise miterfaßt worden sind, sei dahin gestellt.

Nach Aufschlüsselung unserer Befunde nach Flughöhe sowie nach topographischen und meteorologischen Gesichtspunkten haben wir in einigem Gegensatz zu den Angaben anderer Autoren (s.S. 4) kaum irgendwelche gesetzmäßige Beziehungen feststellen können. So konnten wir mit zunehmender Höhe (im Höchstfall bis zu 10 500 Fuß) weder eine Abnahme des absoluten Keimgehalts noch eine relative Zunahme des Anteils von Sporenbildnern (s.S. 5) feststellen; sehr wahrscheinlich hätte sich bei unseren Versuchen ein derartiger Sachverhalt erst in weit größeren Höhen eingestellt. Ferner konnten wir nicht unbedingt die Erfahrung bestätigen, wonach der Luftkeimgehalt bei sonnigem Wetter stets besonders hoch sei (s.S. 4). Zwar hatten wir im allgemeinen die höchsten Keimzahlen ebenfalls bei sonnigem Wetter angetroffen, doch hatte sich die Luft bei 7 Luftproben bei gleichen Wetterbedingungen extrem keimarm erwiesen (s.S. 21). Unentschieden ist, ob die bei regnerischem bzw. sonnigem Wetter jeweils über bewohnten Gegenden bei je einem Flugversuch vorwiegend ermittelten Bakterienarten "Brevibacterium linens" und "Corynebacterium spec." in Zusammenhang mit örtlichen bzw. meteorologischen Gegebenheiten in Beziehung stehen dürften, da es sich hierbei um eine bevorzugte Erfassung bestimmter Bakterienspezies durch den Agartrommelventilator handeln könnte (s.S. 37).

Wie eingangs der Besprechung erwähnt wurde, stellen die Schwierigkeiten, mit denen quantitative und qualitative Luftkeimgehaltsbestimmungen verbunden sind, vornehmlich ein apparatives Problem dar. Je wirkungsvoller ein Luftkeimsammelgerät ist, desto zuverlässiger und größer ist die Aussagekraft der mit ihm gewonnenen Resultate. Es sei daher abschließend erwähnt, daß der vor kurzem weiterentwickelte Agartrommelventilator (bei einem Luftdurchfluß von 0,5 l/min.) gegenüber dem Slit-Sampler (bei einem optimalen Luftdurchfluß von 5 l/min.) eine etwa 50 mal anstelle einer nur 3,2 mal größeren Keimerfassungs-Chance besitzt.

E. ZUSAMMENFASSUNG

Bei vergleichenden quantitativen und qualitativen Luftkeimbestimmungen vom Flugzeug aus und in gewöhnlicher Raumluft sind mittels eines Agartrommelventilators und eines Slit-Samplers von DECKER und WILSON (F.D.) im wesentlichen folgende Ergebnisse erzielt worden:

1. Bei 167 Vergleichsuntersuchungen von Luftproben aus Flughöhen von 1500 - 10 500 Fuß über verschiedenen Gegenden Westdeutschlands wurde mit dem ATV-Gerät eine 3,2 mal größere Keimausbeute (im Durchschnitt 100 - 200 Keime pro m^3 Luft) erzielt als mit dem Slit-Sampler (F.D.). Unterschiede bzw. Schwankungen im Keimgehalt der Luft sind ausschließlich mit dem ersteren Luftkeimsammler nachgewiesen worden.

2. Bei Aufschlüsselung der Befunde nach topographischen und meteorologischen Gesichtspunkten waren im allgemeinen keine deutlichen, gesetzmäßigen Beziehungen zur Höhe des Keimgehalts festzustellen. Lediglich die beiden in Höhen von 2000 und 9000 Fuß ermittelten Maxima von etwa 200 Keimen/m^3 Luft betrafen vornehmlich Luftproben über unbewohnten Gegenden bei sonnigem Wetter.

3. Im Gegensatz zu den Befunden ausländischer Autoren stellten wir bei unseren Versuchsflügen einen 2-6 mal höheren Anteil der Luftflora an Kokken (im Mittel 82 %) fest, bei einigen Versuchen in gewöhnlicher Raumluft betrug der Kokkenanteil 74 %.

4. Bei der Differenzierung des Keimsammelguts (insgesamt 1562 Kolonien) sind unter 13 verschiedenen Gattungen 50 verschiedene Spezies (darunter etwa 11 nicht näher bestimmbare) identifiziert worden, wobei sich eine Übereinstimmung mit den Ergebnissen anderer Autoren in nur etwa einem Viertel der Fälle zeigte.

5. Bei zusätzlicher Differenzierung der Kokken nach dem neueren Klassifikations-Schema von BAIRD-PARKER war der überwiegende Teil der Kokken dem Genus "Staphylococcus" zuzuordnen.

6. An pathogenen Bakterien sind bei 5 Luftprobenentnahmen in Höhen von 2000 - 9000 Fuß lediglich " Staph. aureus" gefunden worden.

F. LITERATUR

ALBRECHT, J.: Zur quantitativen Bestimmung von Luftkeimen Arch. Hyg. 139 (1955), 109.

ALBRECHT, J.: Die Verwendung von Membranfiltern zum Nachweis von Luftkeimen. Arch. Hyg. 141 (1957), 210.

ANDERSEN, A.A.:New sampler for the collection, sizing and enumeration of viable airborne particles. J.Bact. 76 (1958), 471.

ANDERSEN, A.A. und ANDERSEN, M.R.: A monitor for airborne bacteria. Appl. Microbiol. 10 (1962), 181.

BAIRD-PARKER, A.C.: A classification of micrococci and staphylococci based on physiological and biochemical tests. J.gen.Microbiol. 30 (1963), 409.

BERRY, C.M.: An electrostatic method for collecting bacteria from the air. Publ. Health Rep. 56 (1941), 2044.

BOURDILLON, R.B., LIDWELL, O.M. und SCHUSTER, E.: 1948, zit. bei WOLF (1959).

BRACHMAN, P.S.: 1964, zit. bei WOLF (1959).

BRACHMAN, Ph.S. u.a.: Standard Sampler for assay of airborne Microorganisms. Science 144 (1964), 1295.

BREED, R.S., MURRAY, E.G.D. und SMITH, N.R.: Bergey's manual of determinative bacteriology. 7th. edition (1957); Baltimore, The Williams and Wilkins company.

BROWN, J.G.: Living micro-organisms in the air of the arid southwest. Science 72 (1930), 322.

BULLER, A.H.R. und LOWE, C.W.: Upon the number of micro-organisms in the air of Winnipeg. Trans.Roy.Soc.Can.(Ser.3), 4, Sect.IV, 41.

COWAN, S.T. und STEEL, K.J.: Manual for the identification of medical bacteria. Cambridge at the university press (1965).

COHN, F. : 1875, zit. bei PETRI (1888).

CRISTIANI, H.: 1893, zit. bei GREGORY (1961).

DECKER, H.M. und WILSON, M.E.: A slit sampler for collecting airborne microorganisms. Appl. Microbiol. 2 (1954), 267.

DU BUY, H.B. und CRISP, L.R.: A sieve device for the sampling airborne microorganisms. Publ.Health Rep. 59 (1944), 829.

FLEMMING, H.: Über die Arten und die Verbreitung der lebensfähigen Mikroorganismen in der Atmosphäre. Z. Hyg. InfektKr. 58 (1908), 345.

FRANKLAND, P.F.: The distribution of micro-organisms in air. Proc.Roy.Soc. 40 (1886), 509.

FULTON, J.D. und MITCHELL, R.B.: Microorganisms of the upper atmosphere.
II. Microorganisms in two types of air masses at 690 meters over a city.
Appl.Microbiol. 14 (1966), 232.

FULTON, J.D.: Microorganisms of the upper atmosphere.
III. Relationship between altitude and micropopulation. Appl.Microbiol.14 (1966), 237.

FULTON, J.D.: Microorganisms of the upper atmosphere.
IV. Microorganisms of a land air mass as it traverses an ocean. Appl.Microbiol. 14 (1966), 241.

FULTON, J.D.: Microorganisms of the upper atmosphere.
V. Relationship between frontal activity and the micropopulation at altitude. Appl.Microbiol. 14 (1966), 245.

GERONE, P.J. und COUCH, R.B.: 1966, zit. bei GREGORY (1967)

GIBBS, B.M. und SKINNER, F.A.: Identification methods for microbiologists. Part A, Academic Press, London & New York (1966).

GOETZ, A.: Application of molecular filter membranes to the analysis of aerosols. Am. J. Public Health 43 (1953), 150.

GREENBERG, L. und SMITH, G.W.: A new instrument for sampling aerial dust. Bureau of Mines, Reports of Investigations, 2392 (1922), 3.

GREGORY, P.H.: The microbiology of the atmosphere. London, Leonard Hill (Books) limited (1961).

GREGORY, P.H. und MONTEITH, J.L.: Airborne microbes. Seventeenth symposium of the society for general microbiology. Cambridge at the university press, 1967.

HAHN, M.: Die Bestimmung und meteorologische Verwertung der Keimzahl in den höheren Luftschichten. Nach vom Luftballon aus angestellten Beobachtungen. Zbl.Bakt.,Abt.I, 51 (1909), 97.

HAMMOND, E.C.: 1958, zit. bei GREGORY (1961).

HARZ, C.O.: Bakteriologische Untersuchungen der freien Atmosphäre mittels Luftballon, nebst Bemerkungen über den atmosphärischen Staub. Jb.Dtsch.LuftschVerb. (1904), 147.

HESSE, W.: Über quantitative Bestimmung der in der Luft enthaltenen Mikroorganismen. Mitth. Kaiserl. Gesundheitsamte, 2 (1884), 182.

HOLLAENDER, A. und DALLA VALLE, J.M.: A simple device for sampling airborne bacteria. Publ. Health Rep. 54 (1939), 574.

HORNE, A.S.: On the numerical distribution of micro-organisms in the atmosphere. Proc.Roy.Soc., B, 117 (1935), 154.

JONES, W.P.: 1949, zit. bei WOLF (1959).

KELLY, C.D. und PADY, S.M.: Microbiological studies of air over some nonarctic regions of Canada. Canad.J.Bot. 31(1953), 90.

KETHLEY, T.W., GORDON, M.T. und ORR, C.J.: 1952, zit. bei WOLF (1959).

KROTOV, J.A.: Nekotorye voprosy gigieny lecebynch ucrezdenij .(1957), 50.

KRUSE, H.: Ein neues Verfahren zur Bestimmung des Keimgehaltes der Luft. Gesd.-Ing. 69 (1948), 199.

LEMON, H.M.: 1943, zit. bei WOLF (1959).

LITTLEFIELD, J.B., FEICHT, F.L., und SCHRENK, H.H.: 1937, zit. bei WOLF (1959).

LUCKIESH, M., TAYLOR, A.H. und HOLLADAY, L.L.: Sampling devices for airborne bacteria. J. Bact. 52 (1946), 55.

MAC QUIDDY, E.L.: Air studies at higher altitudes. J.Allergy 6 (1935), 123.

MAY, K.: The cascade impactor. J. Sc. Inst. 22 (1945), 187.

MEIER, F.C.: Collecting micro-organisms from the Arctic atmosphere. Sci.Mo., New York, 40 (1935), 5.

MEIER, F.C.: Microorganisms in the atmosphere of arctic regions. Phytopathology 25 (1935a), 27.

MIQUEL, P.: 1878, zit. bei GREGORY (1961).

MISCHUSTIN, E.:1926, zit. bei GREGORY (1961).

MITCHELL, R.B., TIMMONS, D.E. und DORRIS, H.W.: Studies on microorganisms of the upper atmosphere. J.Aviation Med. 22 (1951), 214.

MORRIS, E.J., DARLOW, H.M., PEEL, J.F.H. und WRIGHT, W.C.: The quantitative essay of monodispersed aerosols of bacteria and bacteriophages by electrostatic precepitation. J. Hyg. 59 (1961).

MOULTON, S., PUCK, T.T., LEMON, H.M.: An apparatus for determination of the bacterial content of air. Science 97 (1943), 51.

PADY, S.M., KELLY, C.D. und POLUNIN, N.: Arctic aerobiology II: Preliminary report on fungi and bacteria isolated from the air in 1947. Nature Lond., 162 (1948), 379.

PADY, S.M. und KELLY, C.D.: Numbers of fungi and bacteria in transatlantic air. Science 117 (1953), 607.

PADY, S.M. und KAPICA, L.: Air-borne fungi in the Arctic and other parts of Canada. Canad.J.Bot. 31 (1953), 309.

PADY, S.M. und KELLY, C.D.: Studies on microorganisms in arctic air during 1949 und 1950. Canad.J. Bot. 31 (1953), 107.

PASTEUR, L.: 1860 zit. bei GREGORY (1961).

PETRI, R.J.: Eine neue Methode Bakterien und Pilzsporen in der Luft nachzuweisen und zu zählen. Zschr. Hyg. 3 (1888), 1.

POLUNIN, N., PADY, S.M. und KELLY, C.D.: Arctic aerobiology. Nature, Lond., 160 (1947), 876.

POLUNIN, N. und KELLY, C.D.: Arctic aerobiology.Fungi and bacteria,etc., caught in the air during flights over the geographical north pole. Nature, Lond., 160 (1952), 314.

PROCTOR, B.E.: The microbiology of the upper air I. Proc.Amer.Acad.Arts.Sci. 69 (1934), 315.

PROCTOR, B.E.: The microbiology of the upper atmosphere II. J.Bact. 30 (1935), 363.

PROCTOR, B.E. und PARKER, B.W.: The microbiology of the upper atmosphere III. J.Bact. 36 (1938), 175.

PROCTOR, B.E. und PARKER, B.W.: Microorganisms in the upper air. In Moulton, (1942), 48.

REIFFERSCHEID, H.: Zur Methodik der Keimgehaltsbestimmungen der Luft. Ber.Dtsch.Wetterdienstes US-Zone 6 (1952), 256.

REMPE, H.: 1937, zit. bei GREGORY (1961).

RETTGER, L.F.: A new and improved method of enumerating air bacteria. J. Med. Research 22 (1910), 461.

REZNIK, J.B.: 1937, zit. bei VLODAVEC (1959).

ROGERS, L.A. und MEIER, F.C.: An apparatus for collecting bacteria in the stratosphere. J. Bact. 31 (1936), 27.

ROSENBLATT, P. und LA MER, V.K.: 1946, zit. bei WOLF (1959).

ROSEBURY, T.: 1947, zit. bei WOLF (1959).

SAFIR, A.I.: 1945, zit. bei VLODAVEC (1959).

SAWYER, K.F. und WALTON, W.H.: 1950, zit. bei WOLF (1959).

TIMMONS, D.E., FULTON, J.D. und MITCHELL, R.B.: Microorganisms of the upper atmosphere. I. Instrumentation for isokinetic air sampling at altitude. Appl. Microbiol. Vol. 14, No.2, (1966), 229.

VANINI, G.C.: 1958, zit. bei VLODAVEC (1959).

VLODAVEC, V.V.: Methoden zur Erforschung der Mikroflora der Luft. Die Laborarbeit, Nr. 1, Medgiz-Moskau (1957), (russ.).

VLODAVEC, V.V.: Moderne Methoden der bakteriologischen Luftforschung. Zh.Mikrobiol. 30 (1959), 48 (russ.)

VLODAVEC, V.V., MAC L,I. und MOISEJCEVA, M.M. : Untersuchung der Bakterienflora der Atmosphäre im Vertikalschnitt. Mikrobiologija 33 (1964), 894 (russ.).

WELLS, W.F.: Apparatus for study of the bacterial behavior of air. Am. J. Publ. Health 23 (1933), 58.

WOLF, F.T.: The microbiology of the upper air, Bull. Torrey Bot.Club 70 (1943), 1.

WOLF, H.W., SKALIY, P., HALL, L.B., HARRIS, M.M., DECKER, H.M., BUCHANAN, L.M. und DAHLGREN, Ch.M.: Sampling microbiological aerosols. Publ.Health Monograph 60 (1959).

ZOBELL, C.E.: Microorganisms in marine air. In MOULTON (1942), 55.

Herrn Oberarzt Dr. med. W. SCHIFF danke ich für die Überlassung des Themas und die uneingeschränkte Bereitschaft, meine Arbeit durch Ratschläge und Diskussionen anzuleiten und zu fördern.

Herrn Professor Dr. med. R. SIEGERT danke ich für die Bereitstellung eines Arbeitsplatzes.

Herrn Ing. A. REUTER danke ich für die Beratung bei technischen Problemen, der Belegschaft des Aerobio-Labors für die Unterstützung bei der Durchführung von Versuchen.

Die Untersuchungen sind von der Fraunhofer Gesellschaft, München unterstützt worden.

Lebenslauf

Am 14. Oktober 1940 wurde ich als erstes Kind des Zahnarztes Norbert Kühn und seiner Ehefrau Elisabeth, geb. Schwarz in Breslau geboren. Nach meiner vierjährigen Grundschulausbildung in Wiesbaden verzogen meine Eltern nach Weilburg, wo ich von 1950 an den altsprachlichen Zweig des Gymnasium Philippinums besuchte. 1960 bestand ich dort mein Abitur und begann im Sommer-Semester des gleichen Jahres in Marburg mit dem Studium der Zahnmedizin. Nach dem vierten Semester wechselte ich zur Universität Erlangen-Nürnberg und absolvierte nach dem Sommer-Semester 1963 die zahnärztliche Vorprüfung. Anschließend studierte ich wieder in Marburg, wo ich am 12. August 1966 die zahnärztliche Prüfung ablegte.

Meine akademischen Lehrer waren die Damen und Herren Professoren und Dozenten:

in Marburg:
Braun-Falco, Christ, Dimroth, Dölle, Gedigk, Hennis, Hering, Heuser, Janke, Korb, Mahr, Mann, Marx, Maurath, Niemeyer, Niessing, Oksche, Pantke, Petry, Rosemann, Schiff, Schmid, Schmidt, Seidel, Siegert, Siess, Vogt, Walcher.

in Erlangen-Nürnberg:
Keidel, May, Paschke, Schmid, Trincker, Wegener.